annales de zoologie écologie animale

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PARIS - GRIGNON
CHAIRE d'AGRICULTURE
CENTRE DE GRIGNON

Trimestriel

1974

Vol. 6 . N° 3

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
Ann. Zool. - Écol. anim. AZEAAR 6 (3) 349-479 (1974)

AZEA6.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J.-M. SOUPAULT

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, A. CAUDERON, G. FAUCONNEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

— J. CHAUSSIDON, Chef du Département de Science du Sol, C. N. R. A.
— L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, 33140 Pont de la Maye.

Annales de Phytopathologie.

— J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BIBLIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

— P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
— A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
— G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
— B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

— J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
— R. VIBERT, Chef du Département d'Hydrobiologie, 64200 Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

— M. MAZOYER, Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

ANNALES DE ZOOLOGIE-ECOLOGIE ANIMALE

VOL. 6 N°. 3 1974

Nom de l'emprunteur	Emprunté le	remis le

annales de zoologie écologie animale

Trimestriel

1974

Vol. 6 . N° 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 349-372.

SUR L'UTILISATION DES PIÈGES JAUNES POUR LA CAPTURE DE PUCERONS EN CULTURE DE POMME DE TERRE

I. — Influence de la hauteur de piégeage

Y. ROBERT, J.-M. RABASSE et Joëlle ROUZE-JOUAN

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
École nationale supérieure agronomique, I. N. R. A.,
35042 Rennes Cedex

RÉSUMÉ

L'étude de l'efficacité relative de deux niveaux de piégeage a été faite sur 23 espèces de pucerons entre mai et juillet et sur 9 espèces entre septembre et octobre, en champs de pommes de terre, dans quatre localités de Bretagne. De cette étude, il apparaît qu'un premier groupe de pucerons est capturé de préférence par les pièges au niveau du sol, qu'un second groupe l'est indistinctement par les pièges aux deux niveaux, qu'un troisième l'est par les pièges situés à 70 cm du sol. La fidélité de réponse en fonction des quantités piégées et de la saison est précisée et discutée.

Lorsqu'on étudie l'épidémiologie des viroses de la pomme de terre transmises par pucerons, il faut s'efforcer de trouver une méthode sûre et fidèle pour apprécier la présence, la quantité et la qualité des espèces vectrices en fonction de critères épidémiologiques de dissémination dont on reconnaît habituellement trois possibilités étiologiques, l'une par pucerons ailés, l'autre par pucerons aptères, la dernière par les deux à la fois. Or, pendant une saison de culture de pomme de terre, on peut distinguer trois phases : la première couvre le vol de contamination par les ailés (« Befallsflug » de Mœricke, 1955), la seconde, le développement des populations aptères sur le feuillage, la troisième, l'apparition des nouveaux ailés qui quittent alors la culture. Du fait des modifications de la résistance des plantes en fonction de leur âge, une même quantité de pucerons ne transmettra pas les virus avec les mêmes chances de succès d'un bout de la saison de culture à l'autre (Knutson et Bishop, 1964). Enfin la capacité vectrice intrinsèque des aphides vecteurs varie en fonction

des souches, des formes, des stades (ROBERT et MAURY, 1970 ; ROBERT, 1971) ou de la température (ROBERT et ROUZÉ-JOUAN, 1971) ; il apparaît ainsi que les ailés transmettent en général moins bien que les aptères.

Ces résultats peuvent apparaître en contradiction avec les conclusions généralement admises indiquant que les ailés sont responsables de l'essentiel des transmissions de plante à plante plus ou moins éloignées, alors que les aptères disséminent plutôt le virus aux diverses tiges d'un même plant ou à des plantes très voisines (BROADBENT et TINSLEY, 1951). Cette contradiction est levée lorsqu'on fait intervenir les possibilités comportementales différentes des aptères et des ailés. En ce qui concerne ces derniers, plusieurs facteurs dus au polymorphisme sont à considérer : les ailés de contamination initiale de la culture sont ou bien des *fundatrigeniae* issues des hôtes primaires, ou bien des *virginogeniae* issues de générations parthénogénétiques ayant hiverné sur hôtes secondaires (REMAUDIÈRE, 1953) ; ils diffèrent donc des *virginogeniae* nées sur la culture elle-même en été ou même des *virginogeniae* et des *sexuparae* susceptibles de contaminer les cultures d'automne mises en place pour le contrôle *a posteriori* de l'état sanitaire des plants récoltés la même année (préculture). Or WOODFORD (1968) a montré que le maintien de la capacité de vol des *fundatrigeniae* et des *virginogeniae* de *Myzus persicae* (SULZER) diffère notablement et qu'il est fonction de la température. De plus, lors du vol de contamination ou vol d'attaque (« Befallsflug »), les pucerons atterrissent au hasard sur les plantes (KENNEDY, 1950) et ne « choisissent » leur hôte qu'après un certain nombre de piqûres (KENNEDY, 1965). Il apparaît ainsi que des pucerons incapables de se nourrir et de se reproduire sur pomme de terre, peuvent néanmoins être des vecteurs efficaces de virus de stylets (KENNEDY, DAY et EASTOP, 1962).

Ces considérations montrent donc que la méthode idéale d'évaluation des quantités d'ailés dans un tel contexte épidémiologique ne sera pas forcément la méthode la plus efficace du point de vue quantitatif mais plutôt celle qui reflétera le mieux les tendances comportementales des aphides à s'abattre sur la culture. Actuellement trois types de procédés de capture des ailés existent en Europe. En Angleterre, par exemple, elle se fait d'une part au moyen de pièges à succion (JOHNSON, 1950 ; FRENCH et TAYLOR, 1965) qui fournissent des données absolues exprimées en nombre de pucerons par unité de volume d'air et par unité de temps à 12,2 mètres de hauteur, d'autre part au moyen de pièges attractifs d'impact (cylindres jaunes englués) (BROADBENT, 1948 ; BROADBENT *et al.*, 1948). En Suisse et en Hollande, par contre, des pièges jaunes à eau tels que ceux décrits par MŒRICKE (1951) (PELET, MÜNSTER et BOVEY, 1954) ou légèrement modifiés (TAYLOR et PALMER, 1972 ; HILLE RIS LAMBERS, 1955) sont utilisés par les services d'Avertissements « Pomme de terre ». L'emploi des pièges à succion a surtout pour but de prévoir, le plus longtemps possible à l'avance, les déplacements à longue distance (« Distanzflug » de MŒRICKE, 1955) dont l'existence conditionne en partie les vols de contamination ultérieurs (HEATHCOTE, PALMER et TAYLOR, 1969). Les pièges attractifs d'impact capturent à la fois des pucerons en déplacement à longue distance et des pucerons en vol de contamination (MŒRICKE, 1955) ; leur emploi facile et peu onéreux repose aussi en partie sur les bonnes corrélations obtenues entre le nombre d'ailés de *M. persicae* capturés en une saison de culture et les quantités de virus de l'Enroulement transmises aux plantes, ces observations ayant été effectuées cependant uniquement dans des régions de culture de pommes de terre de consommation (BROADBENT, 1950). Les pièges jaunes à

eau semblent ne capturer que les pucerons en phase de contamination et, *a priori*, apparaissent comme les plus susceptibles d'intégrer les phases actives du comportement des insectes au moment de la contamination d'une culture.

Il est étonnant que les conditions épidémiologiques de leur utilisation n'aient pas été mieux approfondies alors que leur emploi est si lourd de conséquences économiques ! Il est en effet nécessaire d'atteindre trois objectifs avant qu'on puisse décider, en connaissance de cause, de la date de défanage :

— détermination de la date d'apparition des premiers ailés de contamination ;

— possibilité de mesurer l'intensité de la contamination du champ, c'est-à-dire de trouver les corrélations entre un nombre donné de pucerons capturés et le niveau initial des populations sur feuillage ;

— possibilité d'utiliser les données enregistrées pour la recherche des corrélations entre la quantité d'aphides et la quantité de viroses observées à différentes dates de la saison de culture.

Dans cette optique, la couleur, l'emplacement et le nombre de pièges, la hauteur et la surface de piégeage, sont des éléments dont il est important de préciser les rôles respectifs en fonction des conditions écologiques dans lesquelles on se trouve.

En ce qui concerne la hauteur, les quelques résultats publiés à ce sujet ne sont pas toujours comparables : ceux de MŒRICKE (1955) ont été obtenus, en octobre, sur terrain en friche ou, en juillet, sur terrain en friche ou planté en seigle, en betterave ou en pomme de terre (MŒRICKE, 1957) ceux de MÜLLER et UNGER (1952), en juillet-août, sur sol nu ou planté en féveroles (*Vicia faba* L.), ceux de HEATHCOTE (1958), en juin-juillet, sur sol nu ou planté en pomme de terre, ceux de PELET, MÜNSTER et BOVEY (1954), enfin, de mai à juillet, en culture de pomme de terre. Enfin, selon les cas, les pièges sont placés à des hauteurs fixes pendant tout le temps de l'expérience ou variables en fonction de la croissance des plantes.

Nous nous attachons dans cette note à préciser l'évolution des captures en fonction du site géographique, de l'année et de la période de l'année, à l'aide de pièges jaunes à eau placés à deux hauteurs fixes en culture de pomme de terre.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sites géographiques

Quatre sites géographiques tous situés en Bretagne ont été retenus, trois d'entre eux se trouvant dans les zones de production de plant de pommes de terre. Ce sont respectivement :

a) *Pleyber-Christ* à une dizaine de kilomètres au Sud-Sud-Ouest de Morlaix dans le Finistère Nord, altitude 130 mètres environ.

b) *Rosporden* à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de Quimper, dans le Finistère Sud, altitude 130 mètres.

c) *Moustoir-Remungol* à une quinzaine de kilomètres au Sud de Pontivy, dans le Morbihan, altitude 100 mètres environ.

d) *Rennes*, en Ille et Vilaine, altitude 40 mètres environ.

Année

Dans les trois premiers postes d'expérimentation, les observations ont été faites en 1971, entre le début de mai et la fin de juillet c'est-à-dire pendant la saison de culture normale ; à Ros-

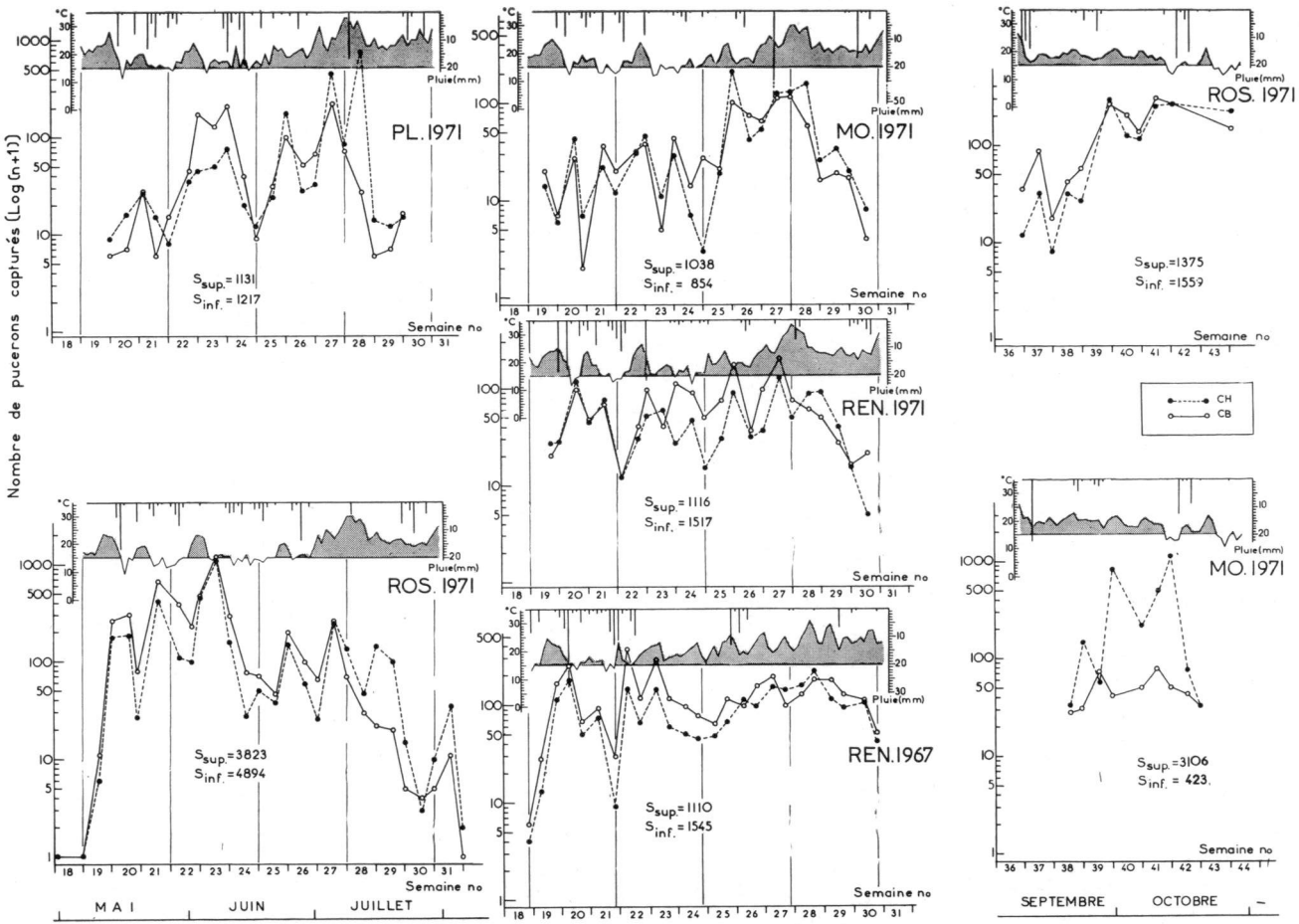


FIG. 1. — *Courbes de captures totales de pucerons par pièges jaunes à deux hauteurs* (0 et 70 cm)) *dans quatre localités de Bretagne de mai à juillet et de septembre à octobre ; températures maximales et pluies*

S_{sup} : nombre total de pucerons capturés pendant la période considérée par les pièges situés à 70 cm du sol ;
S_{inf} : nombre total de pucerons capturés pendant la période considérée par les pièges situés sur le sol ;
PL : Pleyber-Christ ; ROS : Rosporden ; MO : Moustoir Remungol ; REN : Rennes.
Courbes en traits pleins : captures au niveau du sol (CB) ; Courbes en traits pointillés : captures à 70 cm de hauteur (CH).

porden et à Moustoir Remungol les piégeages ont été repris entre la mi-septembre et la fin octobre 1971, c'est-à-dire à contre saison.

A Rennes, les observations ont été faites non seulement en 1971 mais aussi en 1967, pendant la période normale de culture de la pommes de terre.

Culture

Dans chacun des postes, les pièges ont été placés dans des champs de vérification *a posteriori* de la qualité sanitaire de plant de pommes de terre, c'est-à-dire dans des cultures constituées de parcelles élémentaires de 5 sillons de 20 plantes, séparées les unes des autres de 1,20 mètre sur la largeur et de 1 mètre sur la profondeur. L'écartement est de 33 cm entre les plantes et de 60 cm entre les sillons. Chaque piège est situé sur le terrain laissé libre entre les coins contigus de 4 parcelles.

La variété de pomme de terre est, dans tous les cas, la variété *Bintje*, la surface cultivée étant environ de 1 600 m² en 1971 et de 2 000 m² en 1967 (respectivement 8 × 8 et 9 × 9 lots de 100 plantes).

TABLEAU I

Nombre total de pucerons capturés dans les cuvettes basses (niveau du sol) *et les cuvettes hautes* (70 cm de hauteur) *et rapport des captures par sous-périodes de trois semaines et pour toute la période de piégeage*

Localité et date	Nombre de pucerons capturés	Sous-période 1	Sous-période 2	Sous-période 3	Sous-période 4	Période totale
Pleyber-Christ, 1971	CB	57	599	535	26	1 217
	CH	69	232	792	38	1 131
	$\frac{CB}{CH}$	0,83	2,58	0,67	0,68	1,08
Rosporden, 1971	CB	1 719	2 351	740	90	4 894
	CH	923	1 900	649	350	3 823
	$\frac{CB}{CH}$	1,85	1,24	1,14	0,26	1,28
Moustoir-Remungol 1971	CB	106	153	486	109	854
	CH	99	121	575	243	1 038
	$\frac{CB}{CH}$	1,07	1,26	0,84	0,45	0,82
Rennes, 1971	CB	266	424	654	173	1 517
	CH	299	224	358	235	1 116
	$\frac{CB}{CH}$	0,89	1,89	1,83	0,75	1,36
Rennes, 1967	CB	629	1 039	688	728	3 089
	CH	425	506	593	693	2 220
	$\frac{CB}{CH}$	1,48	2,05	1,16	1,05	1,39

En 1971, les tubercules ont été plantés le 13 et le 14 avril à Pleyber-Christ, Rosporden et Moustoir-Remungol, le 30 avril à Rennes, en 1967 le 21 avril. A Rosporden et Moustoir-Remungol, les champs de préculture ont été mis en place vers le 10 août.

Pièges

Des cuvettes carrées de 676 cm² ont été utilisées. La couleur attractive retenue est le « Jaune bouton d'or » (Ripolin 514) dont le domaine spectral de diffusion se situe entre 5 000 et 6 300 Å avec une longueur d'onde de 5 800 Å au maximum de diffusion et en l'absence presque complète de radiations de basses longueurs d'onde, notamment dans le bleu (BRUNEL et LANGOUET, 1970). Ces cuvettes d'une hauteur de 12 cm sont remplies aux 2/3 d'eau additionnée d'un peu de mouillant du genre « Teepol ». Elles sont placées les unes à même le sol (« cuvettes basses » ou CB), les autres sur un support amenant le fond de la cuvette à 70 cm de hauteur (« cuvettes hautes » ou CH). En 1967, quatre cuvettes ont été utilisées à chacune des deux hauteurs et en 1971 deux seulement. Elles étaient placées au niveau des 8 lots de 100 plantes du centre du champ et espacées de 7 à 13 mètres l'une de l'autre.

Les pucerons ont été récoltés deux fois par semaine ; ils sont conservés dans l'alcool à 70° et déterminés à la loupe binoculaire (de 60 × à 500 ×).

RÉSULTATS

A. — *Comparaisons des captures totales*

La figure 1 représente l'évolution comparée des captures totales de pucerons à la fois dans les cuvettes placées au niveau du sol (cuvettes basses ou CB) et dans les cuvettes situées à 70 cm de hauteur (cuvettes hautes ou CH).

Nous avons partagé la période de capture de printemps et d'été en 4 sous-périodes de trois semaines chacune, de manière à pouvoir suivre plus précisément les rapports de captures entre cuvettes basses et cuvettes hautes. Ces 4 sous-périodes ont été choisies en liaison plus ou moins étroite avec l'évolution générale des cultures elles-mêmes : la première va jusqu'à la fin de mai ; elle correspond à la sortie de terre et au début de la croissance des jeunes plantes ; la seconde s'arrête avant la floraison, la troisième couvre la période de floraison, la quatrième enfin la période de tubérisation et de maturation des plantes.

Aucune subdivision n'a été faite en ce qui concerne les captures d'automne effectuées à Rosporden et Moustoir-Remungol.

L'analyse de la figure 1 et du tableau 1 montre clairement que dans tous les postes à l'exception de celui de Moustoir-Remungol, les captures totales les plus élevées sont enregistrées dans les cuvettes basses ; mais l'écart entre le nombre total d'individus piégés aux deux niveaux est relativement faible. Il en est de même à Rosporden à l'automne puisque le rapport des captures dans les cuvettes basses et dans les cuvettes hautes est de 1,13 (1 559 individus dans les cuvettes basses contre 1 375 dans les cuvettes hautes). Donc les rapports de captures sont, dans tous ces cas, proches de l'unité. A Moustoir-Remungol en revanche, lors des deux périodes principales de piégeage, ce rapport est inférieur à l'unité (0,82 pour les piégeages de printemps et d'été et 0,14 seulement à l'automne avec 423 individus contre 3 106 aux deux niveaux, respectivement).

Cependant le problème se complique si on examine de près les variations du rapport des captures aux deux niveaux, en fonction des quatre sous-périodes déterminées précédemment : on s'aperçoit en effet que les rapports de captures aux deux niveaux peuvent être très supérieurs (jusqu'à 2,58) ou très inférieurs (0,26 par exemple) à l'unité, ce qui indique qu'au niveau global les pièges bas ne capturent pas systé-

matiquement plus d'aphides que les pièges hauts : ainsi à Rosporden les rapports de captures aux deux niveaux ne cessent de décroître de la première à la quatrième sous-période (de 1,85 à 0,26) ; à Moustoir-Remungol et à Rennes (1971 et 1967), il en est de même pour les trois dernières sous-périodes.

Une première conclusion peut donc être tirée : le rapport d'efficacité du piégeage aux deux niveaux considérés varie largement en fonction du temps, lorsqu'on considère les captures totales. En se limitant à cette analyse globale, on pourra donc tirer des conclusions diamétralement opposées selon le moment du piégeage.

Plusieurs hypothèses se présentent alors ; nous en retiendrons deux :

— l'efficacité du piégeage global à deux niveaux serait fonction de la phase végétative de la culture, la hauteur des plantes pouvant interférer avec l'efficacité du piège ; à la limite, le feuillage pourrait former écran et empêcher la vision des cuvettes basses par les pucerons. Nous noterons que, dans nos essais, les fanes des pommes de terre n'ont jamais recouvert les cuvettes basses ;

— les pucerons n'ayant pas tous la même hauteur de vol, ni le même comportement de contamination, les captures globales aux deux niveaux seraient simplement la conséquence de cette hétérogénéité, le rapport observé étant fonction du nombre relatif de pucerons et de l'intensité de l'attraction exercée sur chacune des espèces par les cuvettes basses ou les cuvettes hautes.

Cette seconde hypothèse est celle que nous avons voulu vérifier d'abord.

B. — *Comparaison des captures par espèces*

1. *Choix des espèces.*

Nous avons retenu 26 espèces de pucerons pour l'étude comparative des captures. Deux raisons ont présidé à ce choix :

— abondance relative de l'espèce dans l'échantillon total piégé,
— importance agronomique de l'espèce.

Sur ces 26 espèces, nous en trouvons 23 en ce qui concerne les captures de printemps et 9 en ce qui concerne les captures d'automne.

L'ensemble des 23 espèces représente les pourcentages suivants des captures dans chacun des postes :

	Pleyber	Rosporden	Moustoir-Remungol	Rennes 1971	Rennes 1967
Cuvettes basses	90,4	93,2	88,8	71,9	83,6
Cuvettes hautes ...	91,2	94,4	90,9	83,6	83,0

On remarque donc qu'à Rennes en 1967 et 1971, les pourcentages sont sensiblement inférieurs à ceux observés dans les autres postes : ceci est dû essentiellement à des différences dans la diversité des populations.

L'ensemble des 9 espèces piégées en automne, représente les pourcentages suivants (pour *Rhopalosiphum padi*, il y a deux catégories correspondant d'une part aux gynopares et virginipares, d'autre part aux mâles) :

	Rosporden	Moustoir-Remungol
Cuvettes basses	85,7	91,0
Cuvettes hautes	87,1	97,7

Dans ce cas on voit que la diversité des populations est très faible, comparée à celle du printemps et de l'été : il suffit de 9 espèces pour atteindre plus de 85 p. 100.

2. *Représentativité de ces espèces.*

Dans les tableaux 2 et 3 sont fournis les pourcentages que chacune des espèces étudiées représente au sein de la population ailée piégée dans les cinq situations. Ils permettent de faire les constatations suivantes :

TABLEAU 2

Captures de 23 espèces de pucerons à deux hauteurs
(niveau du sol = CB et 70 cm de haut = CH)
exprimées en pourcentage des populations totales d'aphides capturés à chaque hauteur
(piégeage de printemps-été)

Espèce	Localité									
	Pleyber		Rosporden		Moustoir		Rennes 71		Rennes 67	
	CB	CH	CB	CH	CB	CH	CB	CH	CB	CH
Aulacorthum solani (KLTB.)....	2,7	1,9	4,2	1,9	6,1	2,0	0,7	0,3	3,0	1,5
Macrosiphum euphorbiae (THOMAS)	5,0	3,4	1,0	1,3	3,7	3,3	0,2	0,6	2,2	3,7
Myzus persicae (SULZER)	4,0	1,6	8,4	4,2	6,0	3,1	3,8	1,7	**13,3**	6,1
Brevicoryne brassicae (L.)	0,7	0,5	**45,1**	**52,4**	2,8	2,2	3,5	4,5	6,5	**11,0**
Cavariella aegopodii (SCOP.) ..	**12,4**	7,1	**9,4**	5,8	**10,3**	7,6	5,3	9,8	7,9	9,4
Hyperomyzus spp.	3,9	0,6	2,5	0,8	5,3	0,9	1,4	0,4	5,1	1,1
Groupe « *Aphis fabae* » (SCOP.) .	**32,7**	7,7	4,0	2,1	**23,3**	**8,4**	**33,9**	**10,1**	**24,0**	**27,5**
Acyrthosiphon loti (THEOB.)...	1,1	0,2			0,1		0,3	0,1	5,6	2,6
Megoura viciae (BCKT.)	0,2	0,1	0,1		0,3	0,1	5,4	3,0	3,7	2,3
Acyrthosiphon pisum (HAR.) ..	1,6	1,3	5,1	3,4	8,1	3,2	0,8	1,2	1,0	0,9
Amphorophora rubi (KLTB.) ..	6,4	0,8	5,0	3,4	4,3	0,9	0,3	0,2	0,7	0,3
Cryptomyzus galeopsidis (KLTB.)	0,6	0,2	0,4	0,1	1,0	0,5	0,8		1,3	0,1
Nasonovia ribis-nigri (MOSL.) ..	2,0	1,1	0,2	0,1	1,4	0,1	0,4	0,1	0,6	0,5
Acyrthosiphon malvae (MOSL.) ..	0,2	0,3	1,3	0,3	1,6	0,4	1,2	1,8	0,8	0,4
Microlophium evansi (THEOB.).	0,7	1,2	1,5	0,5			0,6	0,7	2,4	1,7
Myzus certus (WLK.)	0,2	0,3	1,3	0,4	0,8	0,3			0,5	0,4
Metopolophium festucae (THEOB.)	1,2	2,0					1,2	2,3	1,6	2,2
Metopolophium dirhodum (WLK.)	2,7	1,5	0,7	1,1	1,9	1,2	3,4	3,3	1,6	1,7
Sitobion avenae (F.)	1,5	1,4	0,2	0,2	2,1	2,3	0,8	1,3	0,7	1,5
Sitobion fragariae (WLK.)	0,8	2,2	0,1		0,2		0,1	0,3	0,3	0,4
Tuberculoides annulatus HARTIG	6,6	**41,7**	1,7	**12,4**	8,9	**49,2**	**5,9**	**33,0**	0,3	3,4
Myzocallis castanicola BAKER .	0,2	4,9	0,8	3,3	0,3	3,4	1,8	8,1	0,2	2,8
Myzocallis coryli (GOEZE)	3,0	**9,2**	0,2	0,7	0,3	1,8	0,1	0,8	0,3	1,5
Total (%)	90,4	91,2	93,2	94,4	88,8	90,9	71,9	83,6	83,6	83,0

a) Il est très rare que ce pourcentage soit identique pour une espèce donnée aux deux niveaux de piégeage.

b) Dans le tableau 2, c'est le groupe *Aphis fabae* qui dans quatre cas sur cinq présente le plus fort pourcentage dans les cuvettes basses ; dans un cas sur cinq c'est *Brevicoryne brassicae*.

c) Dans le tableau 2, c'est l'espèce *Tuberculoïdes annulatus* qui prédomine dans les cuvettes hautes dans trois cas sur cinq. Elle vient en seconde position dans un cas sur cinq derrière *B. brassicae*. Là encore on trouve le groupe *A. fabae* en seconde position dans trois cas sur cinq.

d) Dans le tableau 3, l'espèce la plus représentée dans les cuvettes basses est *Myzus persicae* alors que dans les cuvettes hautes il s'agit de *Rhopalosiphum padi* : pour cette dernière espèce, il apparaît que tant les formes parthénogénétiques (gynopares ou virginipares) que sexuées (mâles) sont attirées fortement par les cuvettes hautes (trois fois plus pour les premières).

TABLEAU 3

Captures de 9 espèces de pucerons à deux hauteurs
(niveau du sol = CB et 70 cm de haut = CH)
exprimées en pourcentage des populations totales d'aphides capturés à chaque hauteur
(piégeage d'automne)

Espèce	Localité			
	Rosporden		Moustoir-Remungol	
	CB	CH	CB	CH
Myzus persicae (SULZER)	**23,8**	10,5	**42,3**	5,3
Brevicoryne brassicae (L.)	10,4	10,8	1,6	1,5
Hyperomyzus spp.	**20,3**	**12,4**	14,6	4,1
Groupe « *Aphis fabae* » SCOP....	9,2	6,9	0,9	1,4
Cryptomyzus galeopsidis (KLTB.)..	0,5	1,0	—	—
Cryptomyzus ribis (L.)	—	—	1,9	2,5
Nasonovia ribis nigri (MOSL.) ...	3,8	1,2	0,9	0,6
Dysaphis spp.	4,2	4,9	3,8	1,1
Rhopalosiphum padi (L.)	11,5	**34,5**	**22,7**	**67,7**
Rhopalosiphum padi mâle	2,0	4,9	2,1	**13,5**
Total (%)	85,7	87,1	91,0	97,7

Cependant, ces pourcentages correspondent à des données globales enregistrées pendant douze semaines dans le premier cas et plus de quatre semaines dans le second cas. Or, le tableau 1 a montré des fluctuations importantes de captures dans les cuvettes basses et hautes en fonction des périodes de trois semaines déterminées précédemment. Il devient donc indispensable maintenant de descendre plus avant dans une analyse plus fine de ces fluctuations : elles traduisent en effet des différences de cycle biologique des pucerons et d'éventuelles modifications de comportement en fonction de la saison.

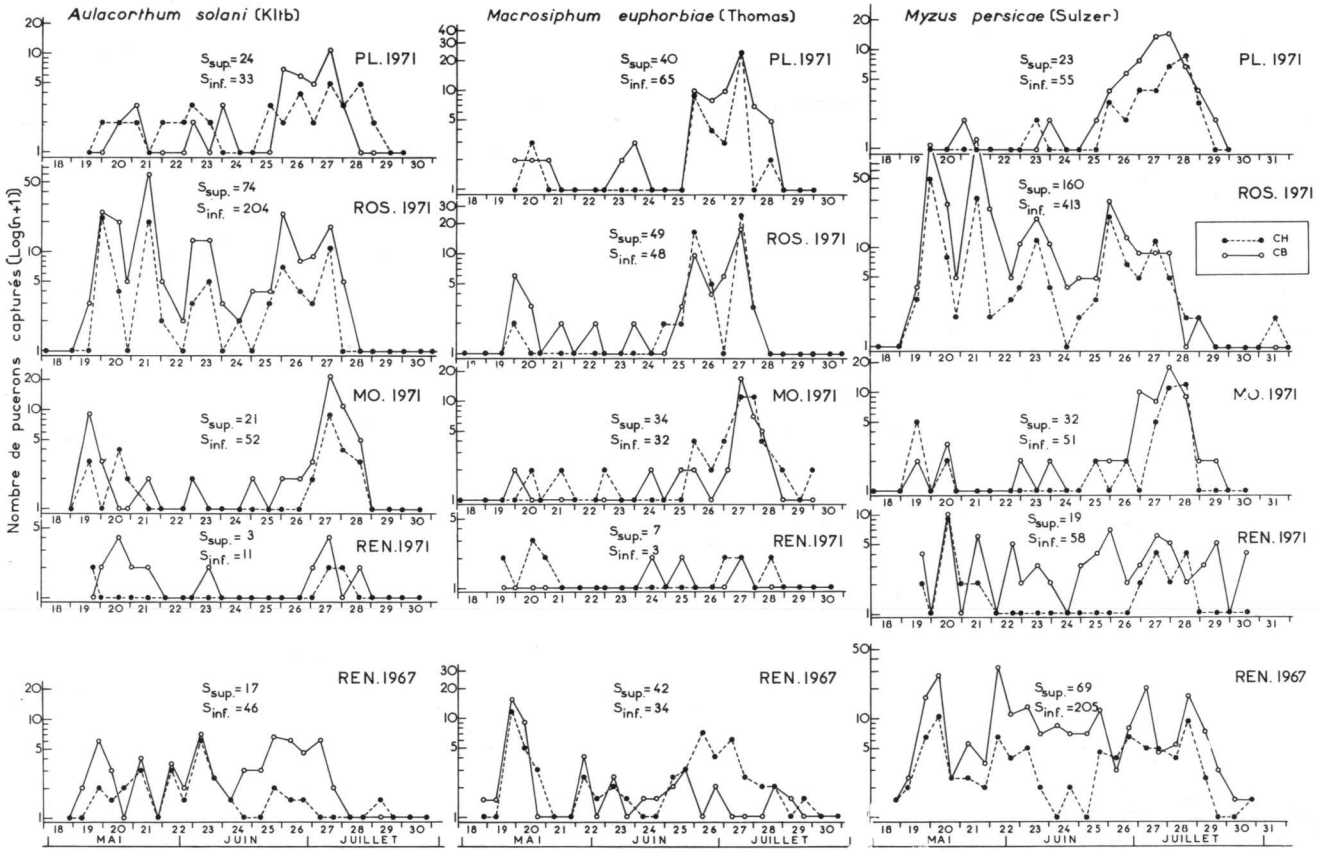

Aulacorthum solani (Kltb)
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)
Myzus persicae (Sulzer)
Nombre de pucerons capturés (Log(n+1))
PL. 1971
ROS. 1971
MO. 1971
REN. 1971
REN. 1967
CH
CB
MAI
JUIN
JUILLET

FIG. 2.

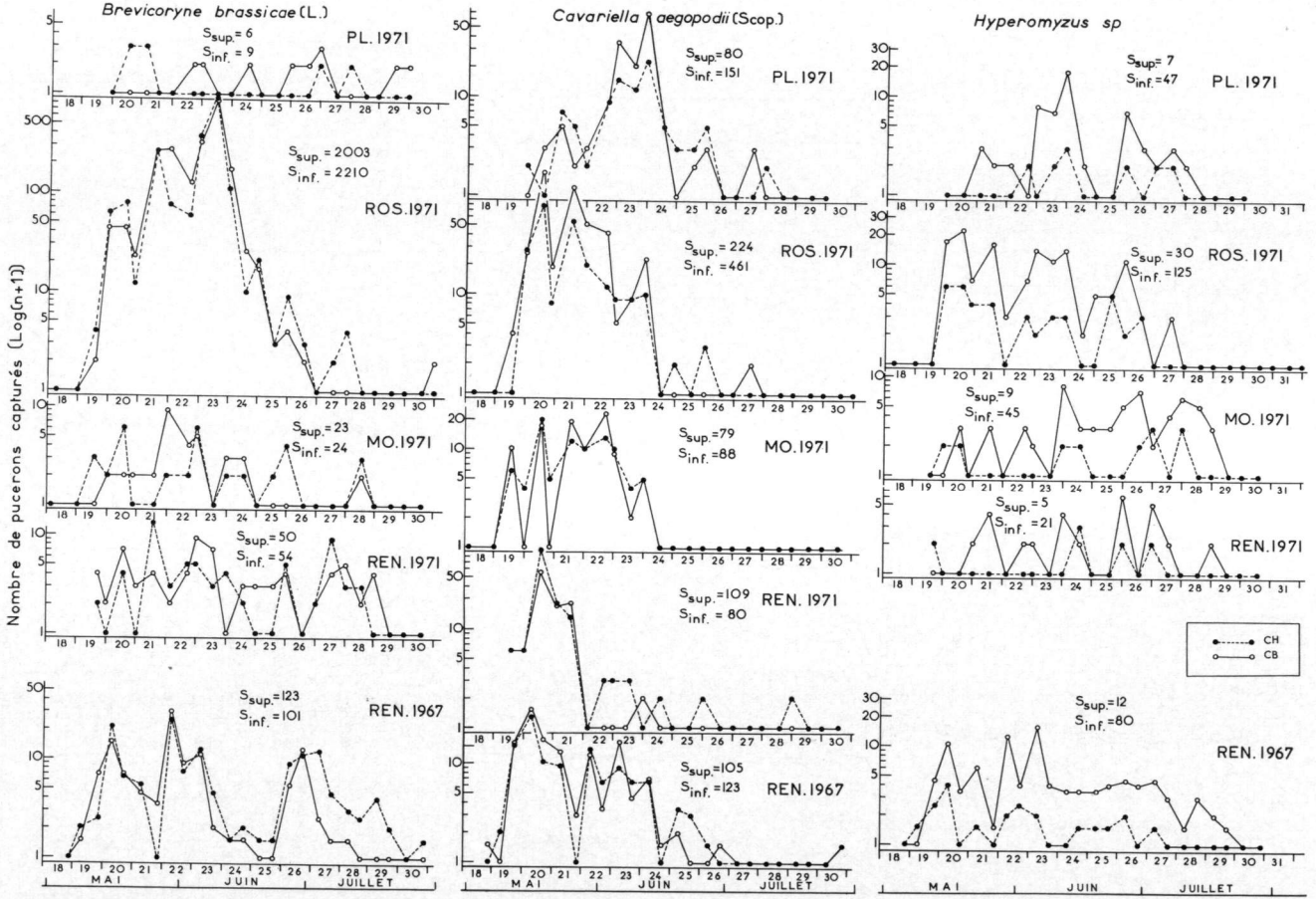


FIG. 2. — *Courbes de captures de 6 espèces de pucerons capturées entre mai et juillet par des pièges jaunes situés à 0 cm ou à 70 cm du sol*
(Même légende que figure 1)

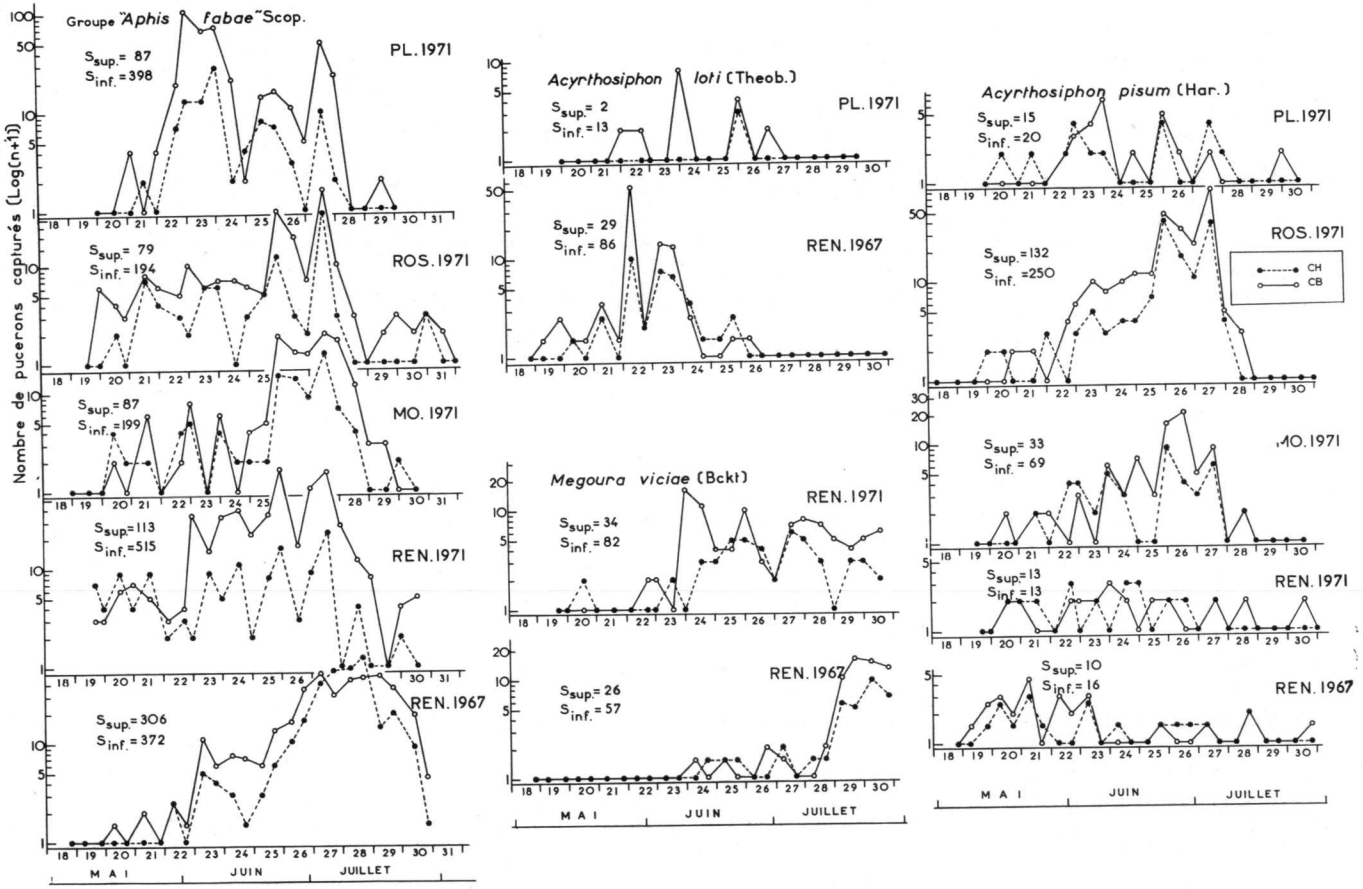

Groupe "Aphis fabae" Scop.
Nombre de pucerons capturés (Log(n+1))
PL. 1971
Ssup.= 87
Sinf.=398
ROS. 1971
Ssup.= 79
Sinf.=194
MO. 1971
Ssup.= 87
Sinf.=199
REN. 1971
Ssup.=113
Sinf.=515
REN. 1967
Ssup.=306
Sinf.=372
Acyrthosiphon loti (Theob.)
PL. 1971
Ssup.= 2
Sinf.=13
REN. 1967
Ssup.= 29
Sinf.= 86
Megoura viciae (Bckt)
REN. 1971
Ssup.= 34
Sinf.=82
REN. 1967
Ssup.= 26
Sinf.= 57
Acyrthosiphon pisum (Har.)
PL. 1971
Ssup.=15
Sinf.=20
ROS. 1971
Ssup.=132
Sinf.=250
CH
CB
MO. 1971
Ssup.= 33
Sinf.= 69
REN. 1971
Ssup.=13
Sinf.=13
REN. 1967
Ssup.=10
Sinf.=16
MAI
JUIN
JUILLET

FIG. 3.

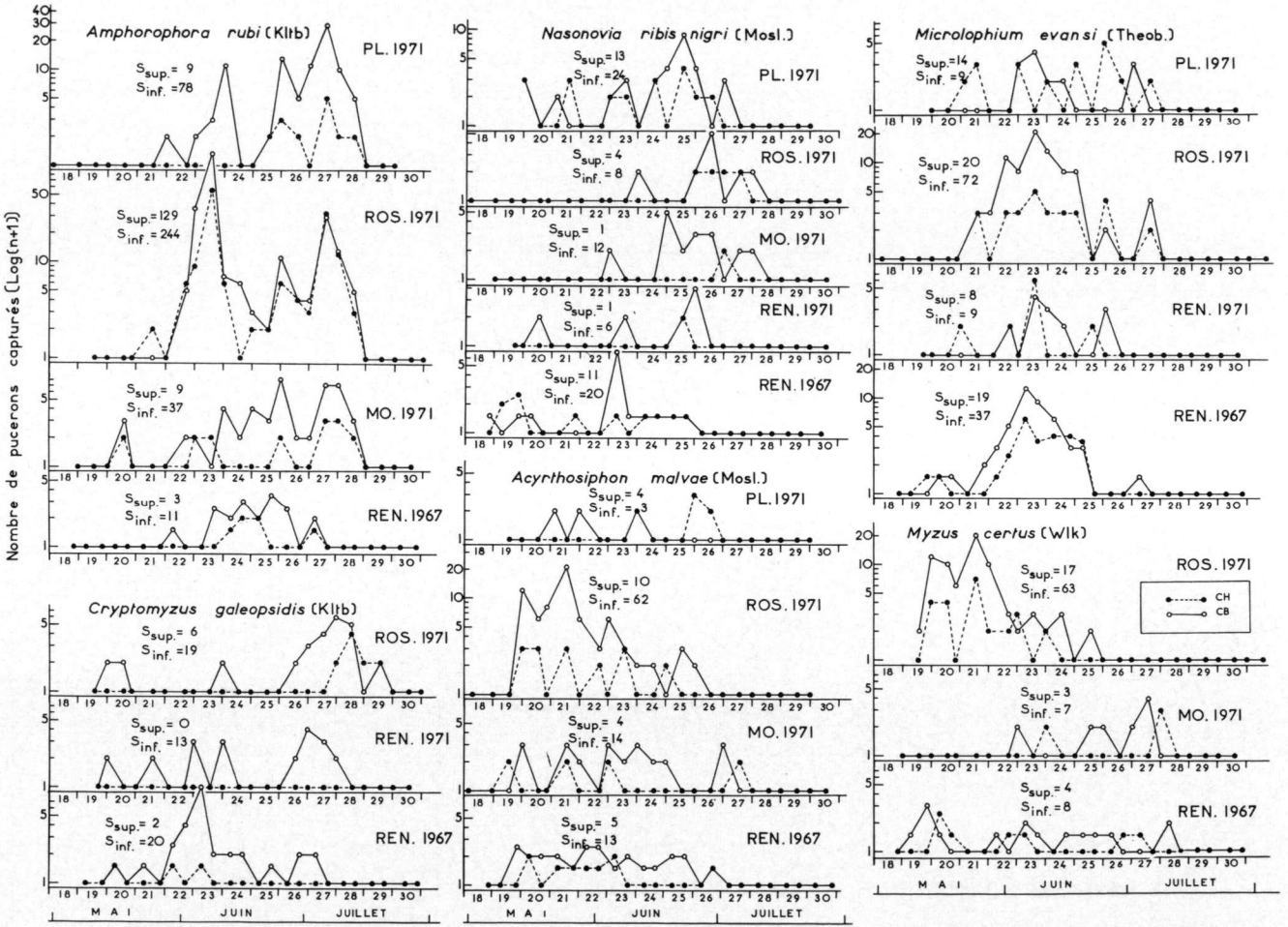


FIG. 3. — *Courbes de captures de 10 espèces de pucerons capturées entre mai et juillet par des pièges jaunes situés à 0 cm ou à 70 cm du sol*
(Même légende que figure 1)

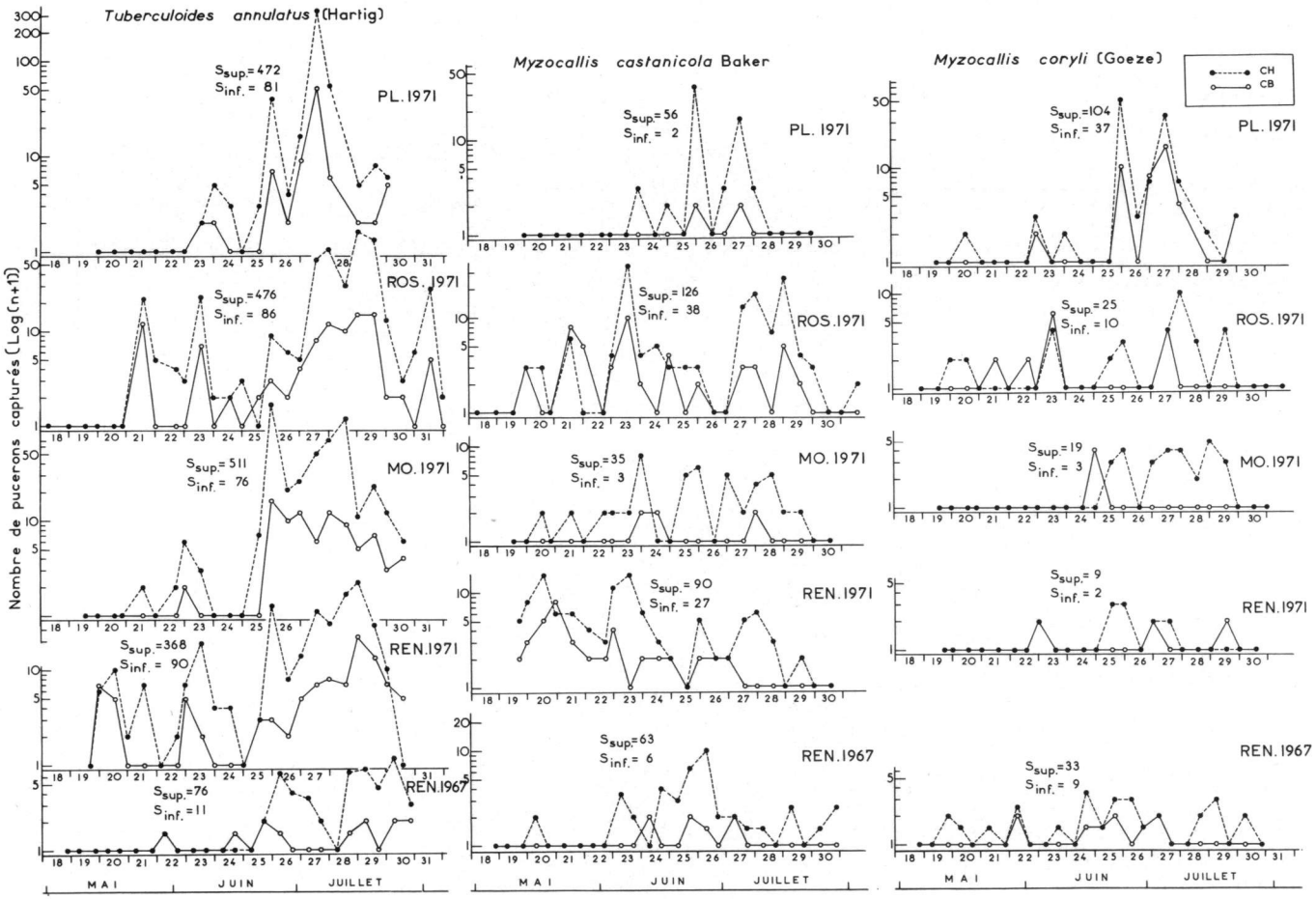

Tuberculoides annulatus (Hartig)
Myzocallis castanicola Baker
Myzocallis coryli (Goeze)
CH
CB
Nombre de pucerons capturés (Log(n+1))
PL. 1971
ROS. 1971
MO. 1971
REN. 1971
REN. 1967
Ssup.=472
Sinf. = 81
Ssup.=476
Sinf. = 86
Ssup.=511
Sinf. = 76
Ssup.=368
Sinf. = 90
Ssup.=76
Sinf. =11
Ssup.= 56
Sinf. = 2
Ssup.=126
Sinf. = 38
Ssup.=35
Sinf. = 3
Ssup.= 90
Sinf. = 27
Ssup.=63
Sinf. = 6
Ssup.=104
Sinf. = 37
Ssup.= 25
Sinf. = 10
Ssup.= 19
Sinf. = 3
Ssup.= 9
Sinf. = 2
Ssup.=33
Sinf. = 9
MAI
JUIN
JUILLET

FIG. 4.

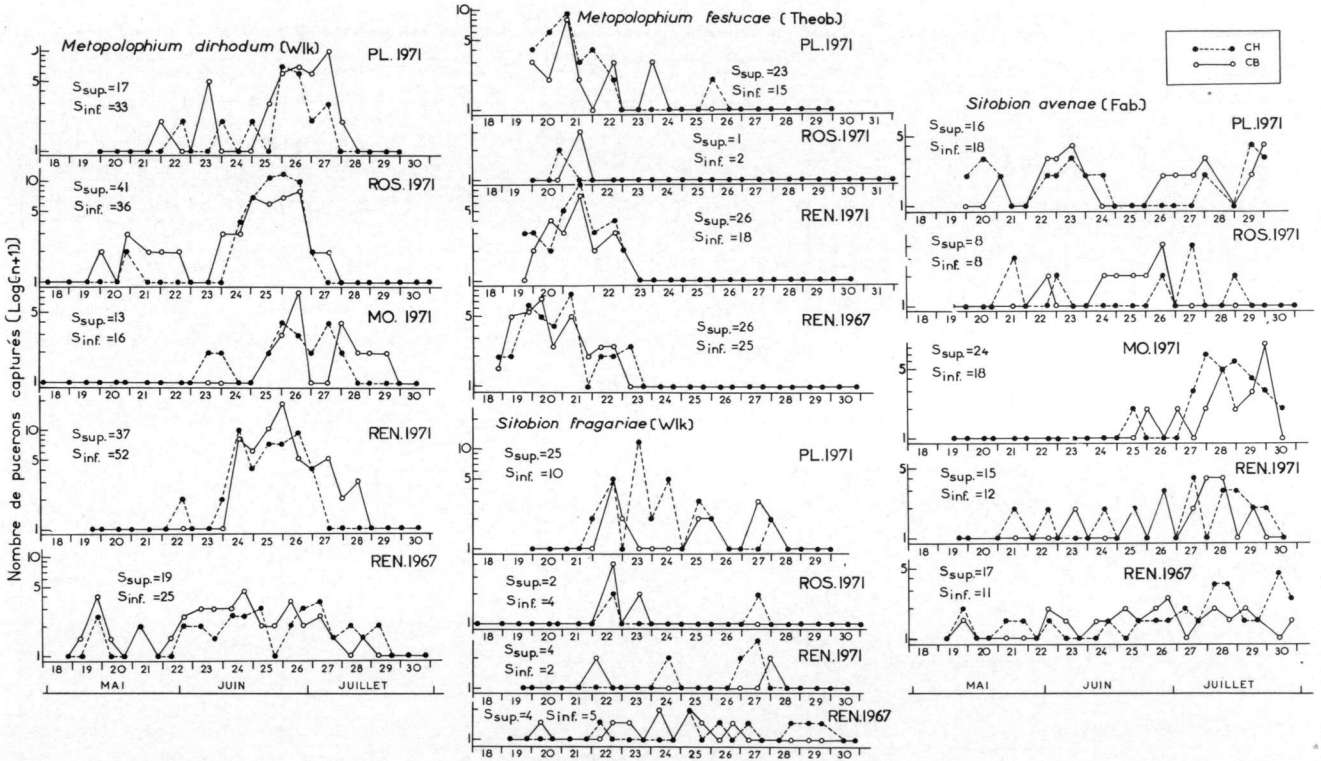


FIG. 4. — *Courbes de captures de 7 espèces de pucerons capturées entre mai et juillet par des pièges jaunes situés à 0 cm ou à 70 cm du sol*
(Même légende que figure 1)

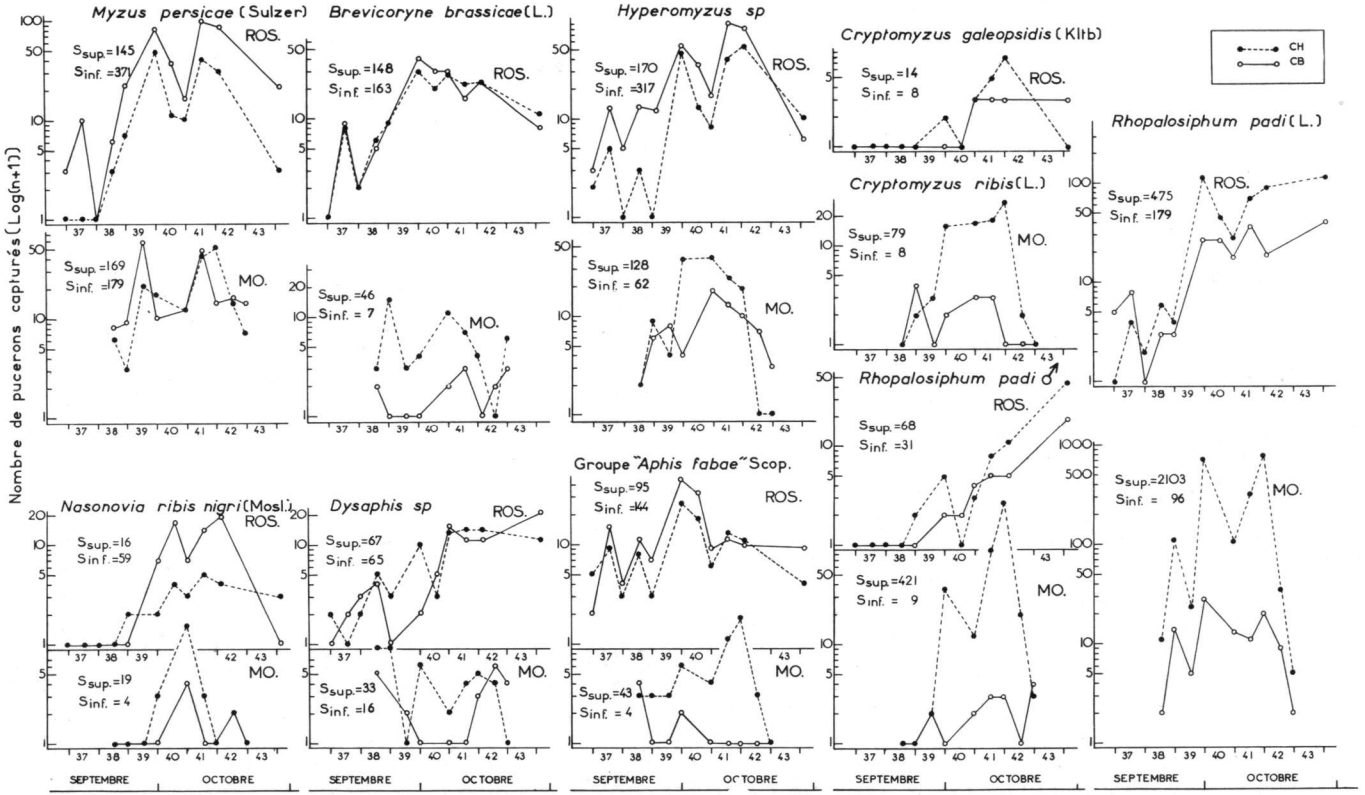


FIG. 5. — *Courbes de captures de 9 espèces de pucerons capturées en septembre-octobre par des pièges jaunes situés à 0 cm et à 70 cm du sol*
(Même légende que figure 1)

3. *Analyse détaillée des fluctuations des captures par espèce et pour chaque niveau de piégeage.*

Plutôt que de donner des tableaux de captures détaillés, nous avons préféré présenter les courbes correspondantes espèce par espèce, pour chacun des postes d'observation. Elles sont regroupées dans les figures 2, 3, 4 et 5. Ces courbes permettent non seulement d'analyser les différences de captures à deux niveaux mais encore de préciser les dates d'apparition et les modalités de vol des diverses espèces. Enfin chaque courbe fournit le nombre total de pucerons piégés dans les cuvettes hautes ($S_{sup.}$) et dans les cuvettes basses ($S_{inf.}$).

Lorsqu'on compare les captures entre cuvettes basses et cuvettes hautes, on peut dès l'abord faire la constatation qu'il existe une grande variété dans les réponses des différentes espèces, avec cependant deux grands groupes :

1er groupe : La majorité des espèces vivant sur les Dicotylédones herbacées est capturée de préférence par les cuvettes basses (fig. 2, 3 et 5). Cependant, l' « intensité » de capture par les cuvettes basses par rapport aux cuvettes hautes est variable et, à la limite, une espèce peut se répartir également entre cuvettes basses et cuvettes hautes (cas de *Brevicoryne brassicae* et de *Macrosiphum euphorbiae*).

2e groupe : Toutes les espèces vivant sur les arbres ou sur les Monocotylédones (à l'exception de *Metopolophium dirhodum*) sont capturées essentiellement par les cuvettes hautes (fig. 4 et 5). Ce sont, d'une part, *Tuberculoïdes annulatus, Myzocallis castanicola, Myzocallis coryli* (mais aussi d'autres espèces ne figurant pas ici comme *Tuberculatus* sp., *Thelaxes* sp., *Phyllaphis* sp., *Periphyllus* sp., *Kallistaphis* sp.), d'autre part *Metopolophium festucae, Sitobion avenae, S. fragariae, Rhopalosiphum padi.*

Nous pouvons faire une seconde remarque. Pour une espèce donnée, ce comportement apparaît assez constant quel que soit le nombre total d'individus piégés : c'est la raison pour laquelle nous avons fait figurer les courbes de captures même si celles-ci étaient peu nombreuses. Cette constatation pose le problème d'une éventuelle analyse statistique comparée des résultats.

4. *Étude de l'efficacité relative du piégeage à deux niveaux.*

a) *Piégeage de printemps-été.*

Par analogie avec le tableau 1, nous donnons dans le tableau 4 les rapports des captures de printemps-été entre cuvettes basses et cuvettes hautes $\left(\frac{CB}{CH}\right)$ pour chacune des 23 espèces. Cependant ces rapports ne traduisent pas exactement l'efficacité relative du piégeage aux deux niveaux et nous avons préféré, de ce fait, suivre la définition de TAYLOR (1962) : si un piège est plus efficace qu'un autre, leur efficacité relative (E_r) peut être exprimée sous la forme d'une différence des logarithmes des quantités capturées par chacun d'eux soit :

$$E_r = \log (A + 1) - \log (B + 1) \qquad (1)$$

Dans le tableau 4 sont figurées (pour chaque espèce et pour l'ensemble des postes), les valeurs de la moyenne des différences entre log (CB + 1) et log (CH + 1), correspondant à l'efficacité moyenne (e_r) du couple CB/CH. Nous avons retenu pour

ce calcul le nombre de piégeages effectifs et non le nombre total de périodes de piégeage comme le fait HEATHCOTE (1957).

D'une manière générale, les valeurs de $\left(\frac{CB}{CH}\right)$ correspondent assez bien à celles de e_r sauf pour *M. certus*, *A. loti* et *C. galeopsidis* ; les valeurs de e_r décroissent régulièrement de 0,35 668 pour *Hyperomyzus* sp. (= 2,27 344 en antilog) à — 0,41 163 pour *T. annulatus* (= 0,38 758 en antilog), la moyenne étant de 0,06 550 ± 0,18 993 pour ces 23 espèces et de 0,07 124 pour l'ensemble des pucerons piégés (= 1,17 827 en antilog.). Dans ce tableau figure aussi l'écart-type à la moyenne : on peut ainsi noter la remarquable stabilité de la variance quelle que soit la moyenne.

TABLEAU 4

Rapports entre les captures des différentes espèces dans les cuvettes basses (CB) *et les cuvettes hautes* (CH) (1re colonne) ; *différences moyennes* (en log $(n + 1)$) *entre les captures au niveau du sol* (CB) *et à 70 cm* (CH) (2e colonne : efficacité moyenne relative) *et leur écart-type*

Espèce	CB/CH	Efficacité moyenne relative	Écart-type	Espèce	CB/CH	Efficacité moyenne relative	Écart-type
Hyperomyzus	5,29	0,35 668	0,31 098	*A. pisum*	1,80	0,08 583	0,28 001
A. fabae	2,10	0,33 655	0,36 529	*M. dirhodum*	1,28	0,07 884	0,28 326
M. persicae.....	2,66	0,26 613	0,30 562	*C. aegopodii*	1,46	— 0,00 015	0,11 180
A. rubi	2,48	0,25 912	0,30 590	*M. euphorbiae*	0,99	— 0,00 121	0,31 090
A. solani	2,53	0,18 942	0,32 000	*B. brassicae*	1,07	— 0,01 922	0,32 061
A. malvae	2,64	0,17 831	0,29 671	*S. avenae*	0,80	— 0,03 374	0,27 946
M. certus	3,07	0,16 697	0,34 966	*S. fragariae*	0,58	— 0,04 854	0,32 260
A. loti	3,08	0,16 063	0,29 792	*M. festucae*.....	0,83	— 0,05 604	0,27 988
M. viciae	2,28	0,15 885	0,32 518	*M. coryli*	0,32	— 0,19 359	0,27 993
C. galeopsidis	5,44	0,14 531	0,26 944	*M. castanicola*	0,20	— 0,31 353	0,34 266
N. ribis-nigri	2,33	0,10 528	0,26 457	*T. annulatus*	0,18	— 0,41 163	0,37 102
M. evansi	2,05	0,09 645	0,32 006	Total pucerons.	1,24	0,07 124	0,29 308

Bien que cela ne soit pas entièrement satisfaisant du point de vue statistique, nous avons déterminé trois grands groupes d'espèces selon l'efficacité relative des pièges aux deux niveaux, sur la base de l'intervalle de confiance de la moyenne calculée plus haut, au seuil 5 p. 100.

— *Le premier groupe* correspond à une efficacité des cuvettes basses supérieure à celle des cuvettes hautes ; elle comprend les 9 premières espèces du tableau 4 (de *Hyperomyzus* sp. à *M. viciae*). On trouve dans ce groupe, deux espèces qui colonisent de préférence les feuilles inférieures des plants de pomme de terre (*M. persicae* et *A. solani*), une espèce qui peut occasionnellement coloniser la pomme de terre en Bretagne (*A. fabae*) mais aussi des espèces qui ne développent jamais de populations sur cette plante.

— *Le second groupe* comprend les 11 espèces suivantes (de *C. galeopsidis* à *M. festucae* et correspond à une efficacité sensiblement égale des cuvettes basses et des cuvettes hautes. *M. euphorbiae* fait partie de ce groupe.

— *Le troisième groupe,* composé des trois espèces de pucerons des arbres forestiers, correspond à une efficacité des cuvettes basses nettement inférieure à celle des cuvettes hautes.

b) *Comparaison du piégeage de printemps-été et du piégeage d'automne à Rosporden et à Moustoir.*

Le tableau 5 permet de comparer l'efficacité relative du piégeage à deux niveaux pour les mêmes espèces mais à des saisons différentes, en deux points. A Rosporden on observe peu de différences entre le printemps-été et l'automne en ce qui concerne *M. persicae, Hyperomyzus* ou *B. brassicae,* et une légère diminution en ce qui concerne *A. fabae.* Il n'en est pas de même à Moustoir où dans tous les cas l'efficacité s'inverse en faveur des cuvettes hautes. On remarquera cependant que Moustoir est le poste d'observation où l'efficacité relative $\left(\frac{CB}{CH}\right)$ calculée à partir des quantités totales de pucerons est déjà négative au printemps-été (tabl. 1).

TABLEAU 5

Efficacité relative du piégeage à deux niveaux à Rosporden et à Moustoir pendant le printemps-été et l'automne

	Rosporden		Moustoir	
	Printemps-été	Automne	Printemps-été	Automne
M. persicae	0,30 889	0,43 839	0,12 268	0,07 324
Hyperomyzus	0,43 766	0,38 264	0,31 625	— 0,04 570
N. ribis-nigri	0,07 766	0,26 944	0,23 239	—
A. fabae	0,36 056	0,12 374	0,17 446	— 0,58 528
B. brassicae	— 0,02 083	0,00 480	— 0,01 074	— 0,46 763
Dysaphis sp.	—	— 0,06 741	—	— 0,22 260
Rh. padi	—	— 0,20 090	—	— 0,95 895
Rh. padi ♂	—	— 0,17 057	—	— 0,99 008
Total pucerons	0,047 33	0,170 94	— 0,017 89	— 0,558 56

Du tableau 5, on peut déduire que *Rhopalosiphum padi* appartient au même groupe (3e groupe) que les pucerons des arbres forestiers (il n'y a pas de différence d'efficacité vis-à-vis des mâles et des sexupares ou des virginipares ni à Rosporden ni à Moustoir).

5. *Étude de la fidélité de réponse à un niveau donné de piégeage.*

Si, pour des conditions semblables de milieu, le comportement des pucerons vis-à-vis de chacun des deux niveaux de piégeage est identique, quelles que soient les quantités présentes au voisinage des pièges, la régression des nombres capturés par les cuvettes basses (en log $(n + 1)$) sur ceux capturés par les cuvettes hautes (log $(n + 1)$) et inversement la régression des quantités piégées par les cuvettes

hautes (en log $(n + 1)$) sur celles piégées par les cuvettes basses (en log $(n + 1)$) doivent avoir toutes deux une pente $\underline{b} = 1$ (la droite de régression linéaire est de la forme $y = a + bx$, l'intercept $\underline{a}$ correspond au rapport des captures dans l'un et l'autre cas). Il se peut, au contraire, que dans certaines conditions, cette fidélité de réponse ne soit pas respectée.

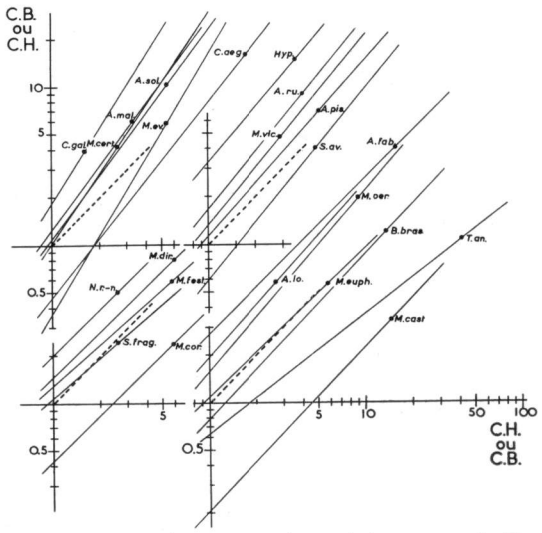


FIG. 6. — *Droites de régression moyenne du logarithme* $(n + 1)$ *des captures de 23 espèces de pucerons dans des pièges situés à 70 cm de hauteur à celui des captures dans des pièges situés sur le sol et du logarithme* $(n + 1)$ *des captures des mêmes espèces dans des pièges situés sur le sol à celui des captures dans des pièges situés à 70 cm de hauteur.* Sur chaque droite, le point noir correspond au centre de gravité.

TABLEAU 6

Moyenne géométrique des coefficients de régression du log $(n + 1)$ *des captures en cuvettes basses sur* log $(n + 1)$ *des captures en cuvettes hautes et du log* $(n + 1)$ *des captures en cuvettes hautes sur log* $(n + 1)$ *des captures en cuvettes basses en fonction des espèces de pucerons*

Espèce	Moyenne	Espèce	Moyenne
M. evansi	1,636	*A. loti*	1,094
C. galeopsidis	1,550	*B. brassicae*	1,036
M. certus	1,414	*M. castanicola*	1,020
A. solani	1,325	*A. fabae*	0,971
A. malvae	1,294	*M. euphorbiae*	0,962
C. aegopodii	1,230	*N. ribis-nigri*	0,953
A. rubi	1,200	*M. coryli*	0,946
M. viciae	1,187	*M. dirhodum*	0,931
S. avenae	1,177	*S. fragariae*	0,866
A. pisum	1,144	*M. festucae*	0,846
Hyperomyzus	1,141	*T. annulatus*	0,763
M. persicae	1,123	Total pucerons ...	0,803

Sur la figure 6 ont été représentées les droites de régression moyenne (calculées à partir de couples de droites de régression de CB en CH et de CH en CB) ainsi que leur centre de gravité. Tous les coefficients de corrélation entre les captures sont hautement significatifs au seuil 5 p. 100 sauf pour *C. galeopsidis* et *S. fragariae* que nous avons néanmoins fait figurer.

Le tableau 6 donne les valeurs des pentes de ces droites : pour les calculer, nous n'avons pas utilisé la méthode de WAYMAN (1959) mais nous avons simplement pris la moyenne géométrique des deux coefficients de régression afférents à chaque espèce, le rapport des variances étant, dans tous les cas, inférieur à la valeur du F au point 5 p. 100. On remarque que pour un grand nombre d'espèces, la pente est ou bien très supérieure ou bien très inférieure à 1. La moyenne de ces pentes est de 1,22 ± 0,219, le coefficient moyen pour le total des pucerons étant de 0,803. La comparaison des tableaux 4 et 6 montre que dans les trois groupes définis précédemment en fonction de l'efficacité relative des deux niveaux de piégeage, on trouve des pentes supérieures ou inférieures à l'unité.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cet article, nous avons montré que la comparaison de systèmes de piégeage basée sur l'étude des populations totales peut entraîner des conclusions différentes ou même opposées selon la composition spécifique de ces populations. Ainsi, il a été clairement mis en évidence la grande différence de comportement qui existe d'une part entre les pucerons des Dicotylédones herbacées et ceux des Dicotylédones arbustives, d'autre part entre ceux des Dicotylédones et ceux des Monocotylédones : le premier groupe est en général capturé de préférence au ras du sol (sauf exception comme *B. brassicae, C. aegopodii* et *M. euphorbiae*) alors que le second et le troisième le sont plutôt à un niveau supérieur (70 cm dans nos expériences) sauf exception comme *M. dirhodum*.

Il est intéressant de rapprocher cette observation de celle d'EASTOP (1955) qui, par l'étude du rapport des captures entre piège jaune et piège à succion a montré que les pucerons des Dicotylédones herbacées étaient de 3 à 30 fois plus nombreux dans les pièges jaunes que dans les pièges à succion alors que ceux des Monocotylédones l'étaient simplement de 0,6 à 3 fois. EASTOP (1957) de même que HEATHCOTE, PALMER et TAYLOR (1969) dans leur comparaison entre piège jaune et piège à succion, ou que O'LOUGHLIN (1963) dans celle entre piège jaune à eau et piège englué, en arrivent à la conclusion que les pucerons des Monocotylédones ne sont pas attirés par le jaune ; malheureusement les deux systèmes de piégeage ne sont jamais situés à la même hauteur et nos résultats montrent que cette « non-attractivité » pour le jaune peut être due en partie à un niveau de piégeage inadéquat : les cas de *Metopolophium dirhodum, M. festucae* et *Rh. padi* illustrent bien cette remarque, on pourrait y adjoindre ceux des pucerons des arbres forestiers *M. coryli, M. castanicola, T. annulatus*.

Les résultats présentés ici correspondent à des situations relativement homogènes de piégeage (captures faites en champs de pommes de terre) donc comparables. Ils ont une valeur indicative moyenne pour l'Ouest de la France : néanmoins on observe,

entre postes de piégeage, certaines différences dues sans doute à des conditions climatiques (fig. 1) en particulier des régimes et des vitesses de vent différents, mais aussi à une exposition des parcelles et à un environnement variés, enfin à la présence plus ou moins proche de plantes hôtes sources d'ailés. Ainsi à titre indicatif, l'efficacité relative des deux types de pièges est plus élevée à Rennes en 1971 et 1967 (respectivement 0,13 403 et 0,15 729) qu'à Pleyber ou à Rosporden (0,02 768 et 0,04 733) ou qu'à Moustoir (— 0,01 789) pour l'ensemble des pucerons. De plus ces résultats intéressent une période de piégeage relativement longue dans la plupart des cas : à ce titre nous avons tenu compte dans le calcul de l'efficacité moyenne (e_r) du nombre de piégeages effectifs qui reflètent mieux la biologie de chaque espèce et non du nombre de périodes de piégeage arbitrairement choisi par l'expérimentateur.

Les différences observées pour les mêmes espèces entre les deux saisons de piégeage à Rosporden et à Moustoir relèvent sans doute plus de la biologie des pucerons considérés : nous avons déjà montré à propos de *Capitophorus horni* BÖRNER, que le passage de l'holocyclie à l'anholocyclie peut s'effectuer en Bretagne en des lieux géographiques peu éloignés (ROBERT, 1969). Il est possible que ce soit le cas pour Rosporden et Moustoir, la première localité située dans un climat moins continental que la seconde fournissant des pucerons essentiellement anholocycliques lorsque leur cycle biologique le permet : il est dommage qu'on ne puisse séparer morphologiquement les virginipares des sexupares. Cependant on notera pour *Rh. padi* qu'il n'y a aucune différence entre les mâles et les autres formes ailées en ce qui concerne l'efficacité relative moyenne. Nous pensons donc que des recherches plus poussées sont encore nécessaires pour vérifier si effectivement comme le suggère HEATHCOTE (1957) à propos de la réponse des pucerons pour le jaune, la réponse à un niveau donné de piégeage se modifie pendant la saison, en particulier lors d'un changement d'hôte comme cela est le cas au moment de la rémigration d'automne. Il en est de même en ce qui concerne une éventuelle différence dans la réponse de certaines espèces d'aphides selon leur densité aérienne, comme le suggère la variabilité des pentes des droites de régression moyenne calculées dans le tableau 6.

Reçu pour publication en mars 1974.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les Collègues de la Chaire de Mathématiques de l'E. N. S. A. de Rennes et en particulier MM. PAGES et DELECOLLE. Les prélèvements de pucerons ont été réalisés par des techniciens de la Fédération nationale des Producteurs de Plants de Pommes de terre que nous remercions vivement.

SUMMARY

THE UTILIZATION OF YELLOW TRAYS FOR THE TRAPPING OF APHIDS IN POTATO CROPS.

I. — THE INFLUENCE OF TRAPPING HEIGHT

Yellow trays were operated at two heights (0 and 70 cm) in potato crops situated in four localities of Brittany at about 100 to 200 kilometers apart. The influence of trapping height was examined on 23 species of aphids from May to July and on 9 species from September to October.

These aphids can be divided into three more or less distinct categories in relation to mean relative trap efficiency. The first group, corresponding to a higher efficiency of traps at ground level, is composed of about ten species, of which *Hyperomyzus* sp., *Aulacorthum solani, Myzus persicae* and *Aphis fabae* form part. The second group corresponding to an equal trap efficiency at either of the two heights comprises of *Brevicoryne brassicae, Cavariella aegopodii, Macrosiphum euphorbiae* and grass-feeding species, among others ; the third group corresponding to a higher efficiency of traps situated at 70 cm from the ground, is composed of tree-feeding aphids of which *Myzocallis castanicola, M. coryli* and *Tuberculoides annulatus* and a grass feeding species, *Rhopalosiphum padi* form part. Consistency in aphid response to each trapping height in relation to either quantities caught or season time, are studied and discussed.

ZUSAMMENFASSUNG

BENUTZUNG VON GELBEN WASSERFALLEN FÜR DEN FANG VON LAUSARTEN IN KARTOFFELACKER.

I. — EINFLUSS DER FALLENHÖHE

Gelbe Wasserfallen wurden in zwei Höhen (0 cm und 70 cm) auf Kartoffelackern an vier verschiedenen Orten der Bretagne etwa 100 bis 200 km voneinander entfernt aufgestellt. Der Einfluss der Fallenhöhe wurde an 23 Lausarten zwischen Mai und Juli und an 9 Arten im September/Oktober untersucht. Diese Aphiden verteilen sich auf 3 Gruppen, die sich mehr oder weniger durch die durchschnittliche Wirksamkeit der entsprechenden Fallen voneinander unterscheiden. Die erste Gruppe umfasst 10 Arten wie *Hyperomyzus* sp., *Aulacorthum solani, Myzus persicae* und *Aphis fabae* bei denen die am Boden aufgestellten Fallen wirksamer waren. Die zweite Gruppe entspricht einer gleichen Wirksamkeit von Fallen in verschiedener Höhe, sie umfasst unter anderen *Brevicoryne brassicae, Cavariella aegopodii, Macrosiphum euphorbiae* und Gräserblattläuse. Die dritte Gruppe entspricht einer grösseren Wirksamkeit der in 70 cm Höhe aufgestellten Fallen und umfasst Blattlausarten die auf Waldbaümen leben wie z. B. *Myzocallis castanicola, M. coryli* und *Tuberculoides annulatus* und eine auf Gras lebende Art : *Rhopalosiphum padi*. Die Variationen in der Genauigkeit der Anziehungskraft dieser oder jener Fallenhöhe in Bezug die Menge der gefangenen Laüse ebenso wie Wirksamkeitschwankungen in Bezug auf die Jahreszeit werden untersucht und erörtet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BROADBENT L., 1948. Aphis migration and the efficiency of the trapping method. *Ann. appl. Biol.*, **35**, 379-394.

BROADBENT L., 1950. The correlation of aphid numbers with the spread of leafroll and rugose mosaic in potato crops. *Ann. appl. Biol.*, **37**, 58-65.

BROADBENT L., TINSLEY T. W., 1951. Experiments on the colonization of potato plants by apterous and by alate aphids in relation to the spread of virus diseases. *Ann. appl. Biol.*, **38**, 411-424.

BROADBENT L., DONCASTER J. P., HULL R., WATSON M. A., 1948. Equipment used for trapping and identifying alate aphids. *Proc. R. ent. Soc. Lond.* (A), **23**, 57-58.

BRUNEL E., LANGOUET L., 1970. Influence de caractéristiques optiques du milieu sur les adultes de *Psila rosae* FAB. (Diptères Psilidés) : attractivité de surfaces colorées, rythme journalier d'activité. *C. R. Soc. Biol.*, **164**, 1638-1644.

EASTOP V. F., 1955. Selection of aphid species by different kinds of insect traps. *Nature*, **176**, 936.

EASTOP V. F., 1957. The periodicity of aphid flight in East Africa. *Bull. ent. Res.*, **48**, 305-310.

FRENCH R. A., TAYLOR L. R., 1965. A continuous pest census for forecasting insect attack. *Rep. Rothamsted exp. Stn. for* 1964, 191.

HEATHCOTE G. D., 1957. The comparison of yellow cylindrical, flat and water traps, and of Johnson suction traps, for sampling aphids. *Ann. appl. Biol.*, **45**, 133-139.

HEATHCOTE G. D., 1958. Effect of height on catches of aphids in water and sticky traps. *Pl. Path.*, **7**, 32-35.

HEATHCOTE G. D., PALMER J. M. P., TAYLOR L. R., 1969. Sampling for aphids by traps and by crop inspection. *Ann. appl. Biol.*, **63**, 155-166.

HILLE RIS LAMBERS D., 1955. Potato aphids and virus diseases in the Netherlands. *Ann. appl. Biol.*, **42**, 355-360.

JOHNSON C. G., 1950. A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. *Ann. appl. Biol.*, **37**, 80-91.

KENNEDY J. S., 1950. Aphid migration and the spread of plant viruses. *Nature*, **165**, 1024-1025.

KENNEDY J. S., 1965. Mechanisms of host plant selection. *Ann. appl. Biol.*, **56**, 317-322.

KENNEDY J. S., DAY M. F., EASTOP V. F., 1962. *A conspectus of aphids as vectors of plant viruses.* (Commonwealth Inst. ent., London, 114 p.)

KNUTSON K. W., BISHOP G., 1964. Potato Leafroll virus — effect of date of inoculation on percent infection and symptom expression. *Am. Potato J.*, **41**, 227-238.

MOERICKE V., 1951. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* (SULZ.). *Nachrbl. dtsch. Pflschdienst* (Braunschweig), **3**, 23-24.

MOERICKE V., 1955. Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (Aphidina) unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Landen. *Z. angew. Entom.*, **37**, 29-91.

MOERICKE V., 1957. Der Flug von Insekten über pflanzenfreien und pflanzenbewachsenen Flächen. *Z. Pflanzenkrankh. und Planzenschutz*, **62**, 507-514.

MÜLLER H. J., UNGER K., 1952. Über den Einfluss von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* Scop. und *Myzodes persicae* SULZ. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* FRST. *Züchter*, **22**, 206-228.

O'LOUGHLIN G. T., 1963. Aphid trapping in Victoria. I. The seasonal occurence of aphids in three localities and a comparison of two trapping methods. *Aust. J. Afric. Res.*, **14**, 61-69.

PELET F., MÜNSTER J., BOVEY R., 1954. Essai de contrôle du vol du puceron *Myzus persicae* SULZ. à l'aide de pièges jaunes. *Ann. Agr. Suisse*, **55**, 917-930.

REMAUDIÈRE G., 1953. Nutrition et variations du cycle évolutif des *Aphidoidea*. *Rev. Pathol. vég. Entomol. agric.*, **32**, 190-207.

ROBERT Y., 1969. Premières observations sur la biologie de *Capitophorus horni* BÖRNER (*Homoptera: Aphididae*) dans l'Ouest de la France. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **1**, 39-54.

ROBERT Y., 1971. Épidémiologie de l'Enroulement de la Pomme de terre : capacité vectrice de stades et de formes des pucerons *Aulacorthum solani* KLTB., *Macrosiphum euphorbiae* THOMAS et *Myzus persicae* SULZ. *Potato Res.*, **14**, 130-139.

ROBERT Y., MAURY Y., 1970. Capacités vectrices comparées de plusieurs souches de *Myzus persicae* SULZ., *Aulacorthum solani* KLTB. et *Macrosiphum euphorbiae* THOMAS dans l'étude de la transmission de l'Enroulement de la Pomme de terre. *Potato Res.*, **13**, 199-209.

ROBERT Y., ROUZE-JOUAN J., 1971. Premières observations sur le rôle de la température au moment de la transmission de l'Enroulement par *Aulacorthum solani* KLTB., *Macrosiphum euphorbiae* THOMAS et *Myzus persicae* SULZ. *Potato Res.*, **14**, 154-157.

TAYLOR L. R., PALMER J. M. P., 1972. In VAN EMDEN, *Aphid Technology*, 189-234, Acad. Press London and New York.

WAYMAN P. A., 1959. A least — squares solution for a linear relation between two observed quantities. *Nature*, **184**, 77-78.

WOODFORD J. A. T., 1968. Difference in flight capacity between naturally occuring spring and summer forms of *Myzus persicae* (SULZ.) (Hemiptera : Aphididae). *Nature*, **217**, 583-584.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 373-382.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA RÉSISTANCE AU JEÛNE DE *PLATYSMA VULGARE* L. (COLÉOPTÈRE CARABIQUE) EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE, DE L'HYGROMÉTRIE ET DE L'ÉTAT PHYSIOLOGIQUE

J.-F. CORNIC
avec la collaboration technique de Christiane JAMETON

Station de Zoologie et de Biocœnotique forestières, I. N. R. A.,
Domaine de La Minière, Guyancourt,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

Dans des conditions d'hygrométrie et de température contrôlées, les *Platysma vulgare* L. des deux sexes montrent une résistance au jeûne plus faible pendant la reproduction qu'avant ; de plus, les mâles ont une survie plus faible que les femelles avant la reproduction. Enfin, on constate avant la phase reproductrice, que les hygrométries relatives (Hr) comprises entre 40 p. 100 et 75 p. 100 sont sans action sur la durée de survie.

Dans un deuxième temps, on envisage l'utilisation de la survie moyenne pour les rapports des deux facteurs, Hygrométrie et Température (Hr p. 100 et T°C), comme critère de résistance de l'insecte au milieu ; la zone médiane de ce rapport définissant la valence écologique de l'insecte pour ces deux paramètres. Ce critère est à prendre en considération dans les conditions d'introduction des prédateurs terricoles en lutte biologique.

INTRODUCTION

Il est bien connu que la température et l'humidité sont des facteurs prépondérants de la physiologie et du comportement ; et les travaux ayant pour but de déterminer les préférences des insectes pour ces deux facteurs sont extrêmement nombreux. Mais, comme l'a montré VAN HEERDT (1950) dans sa revue des travaux antérieurs, la majorité des études ont été effectuées sur des espèces nuisibles à l'homme ou à ses cultures. Seules quelques expériences ont été conduites sur les Carabiques : LECLERQ (1947) a testé les préférences hydriques, et HERTER (1943) les préférences thermiques. Puis VAN HEERDT (1950) étudie trois espèces d'un même milieu, alors que PERTTUNEN (1951) effectue un travail similaire sur de nombreuses espèces provenant de

biotopes différents par leurs caractéristiques thermiques et hydriques. Enfin, THIELE (1967) et THIELE et LEHMANN (1967) se sont attachés à montrer les préférences thermiques et hydriques de différentes espèces, et ont mis en évidence leurs variations entre l'été et l'hiver.

Mais, dès 1964, THIELE avait testé la résistance à la sécheresse de douze espèces de Carabiques afin de voir quelles pouvaient être les relations existant entre la xérophilie d'une espèce et le biotope qu'elle fréquente.

Nous passons donc d'un critère physiologique (notion de préférendum) à un critère écologique (notion de résistance à un facteur du milieu).

VAN DINTHER (1964) a effectué des expériences similaires en insistant surtout sur la résistance au jeûne, qui est un facteur primordial de survie lors des périodes défavorables, et ce pour deux humidités relatives de 40 p. 100 et 96 p. 100 en présence et en l'absence d'eau.

Nous avons procédé de même en l'absence de nourriture solide ou liquide, mais en introduisant un facteur physiologique de plus correspondant à la période de reproduction. En effet, la reproduction représente un bouleversement physiologique de l'individu ; elle mobilise les réserves en vue de la production d'ovocytes ou de spermatozoïdes, et est donc susceptible de modifier la résistance au jeûne des insectes étudiés. Les expériences ont donc eu lieu avant et pendant cette période, et pour les deux sexes.

TECHNIQUES D'ÉTUDES

Les individus sont capturés vivants vers la fin du mois de juin (avant la période de reproduction) et après le premier août (pendant la période de reproduction) au moyen de « pièges de Barber ». Ils sont stockés et abondamment nourris pendant quelques jours avant l'expérience de résistance au jeûne qui est réalisée en chambres climatisées pour les températures suivantes : 5°C, 12°C, 20°C et 25°C avec 16 heures de photopériode excepté pour 5°C où l'obscurité demeure permanente, et pour quatre hygrométries différentes.

Du fait de la longue période de jeûne imposée aux insectes, chaque spécimen est isolé dans une enceinte hermétique (afin d'éviter le cannibalisme) constitué de deux boîtes de cartes à jouer en polystyrène transparent soudées entre elles ; les deux compartiments ainsi formés sont réunis par une ouverture circulaire recouverte de toile de bronze. La partie supérieure reçoit l'insecte sur lequel porte l'expérience, la partie inférieure contient une solution sursaturée d'un sel donnant une hygrométrie connue (fig. 1).

Pour 20 centimètres cubes d'eau, on obtient : chlorure de zinc... 90 grammes = 10 p. 100 Hr ; nitrate de zinc... 40 grammes = 42 p. 100 Hr ; chlorure de sodium... 10 grammes = 72 p. 100 Hr ; sulfate de potassium... 4 grammes = 97 p. 100 Hr.

On remarque que, pour une température donnée, l'hygrométrie reste remarquablement constante tant que la solution est sursaturée ; lorsqu'elle est désaturée, l'hygrométrie à l'intérieur de l'enceinte augmente.

Entre les différences de température, pour une solution donnée, l'hygrométrie ne varie pas de plus de 5 p. 100, aussi considérons-nous celle-ci connue à $\pm$ 5 p. 100.

Pour un stade physiologique donné, l'expérimentation est conduite séparément sur les mâles et sur les femelles. Pour chacune des températures, 20 enceintes sont soumises à chaque hygrométrie.

Le critère de résistance au jeûne couramment admis est la mort. Ce critère, ainsi que sa conséquence : le point de non-réversibilité de l'expérience, a fait l'objet de très nombreuses études, pour la plupart physiologiques, sur les arthropodes et plus particulièrement les insectes : *Bombyx mori* (BAUD, 1955, 1963), *Phormia regina* (LAFON, 1941), *Popillia japonica* (LUDWIG et WUGMEISTER, 1949). De nombreux travaux analogues sont analysés dans les ouvrages de CHAUVIN (1956) et de WIGGLESWORTH (1965), aussi n'entrerons-nous pas dans le détail de ces études qui se placent dans leur immense majorité sur le plan physiologique et non écologique. Non seulement il s'agit d'un critère extrêmement difficile à définir, mais encore cela paraît être physiologiquement discutable car, à partir du moment où l'insecte ne présente plus de mouvements

coordonnés, le processus morbide est irréversible. Cet état d'irréversibilité devrait donc être le critère physiologique le plus adéquat, à condition de pouvoir le caractériser avec netteté. Aussi, avons-nous pris en considération l'absence totale de mouvements coordonnés ou non lors d'une excitation mécanique.

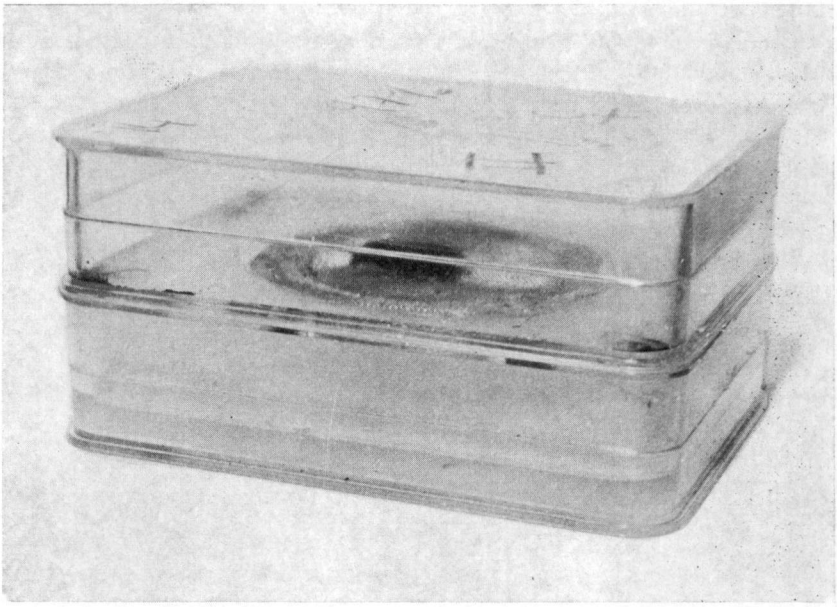


FIG. 1. — *Enceinte hermétique pour l'étude de la résistance au jeûne*

RÉSULTATS

1. — *Activité des insectes soumis au jeûne*

Dans nos expériences, nous avons pu constater que la quasi-totalité des spécimens conserve, jusqu'aux deux ou trois jours précédant la mort, une activité qui ne diffère apparemment pas de celle des insectes normalement maintenus en élevage, bien que la vivacité de leurs mouvements diminue avec le temps.

Après 4 ou 5 jours, on remarque cependant une activité accrue des individus durant la période quotidienne d'éclairement, et ceci même dans les conditions de basse hygrométrie. Comme l'a montré GRÜM (1966), cette manifestaiton peut s'identifier à une recherche de nourriture, même lorsque les conditions sont très défavorables.

Les derniers jours les pattes postérieures ne présentent plus de mouvements coordonnés. Ce phénomène s'étend rapidement aux autres pattes, puis l'insecte meurt.

Si on arrête l'expérience avant cette phase ultime, et si les individus sont remis en élevage et abondamment nourris, on constate trois semaines à un mois plus tard les manifestations d'un comportement de reproduction normal avec accouplement et ponte.

Cette faculté de conserver une activité normale après une période de jeûne plus ou moins longue est connue chez un grand nombre d'Arthropodes : chez les insectes suceurs de sang tels *Rhodnius prolixus* (BUXTON, 1932), mais elle existe

aussi chez les phytophages comme le Doryphore (GRISON et LE BERRE, 1953) ainsi que chez les scorpions (MILLOT et VACHON, 1949) et les Araignées (SAVORY, 1928).

2. — *Influence des facteurs étudiés sur la durée de survie*

Les données numériques concernant la durée moyenne de survie de *Platysma vulgare* L. ont fait l'objet d'une analyse statistique dont les résultats sont résumés dans le tableau I et les figures 2 *a* et 2 *b*.

TABLEAU I

Action des facteurs étudiés sur la durée moyenne de survie

Facteur étudié	Avant la reproduction		Pendant la reproduction		Selon la période	
	Test F	Signification	Test F	Signification	Test F	Signification
Sexe	44,042	**	0,000 4	NS	15,81	**
Hygrométrie relative	195,503	**	106,40	**	216,30	**
Température	138,475	**	118,022	**	173,80	**
État physiologique					74,14	**

** Significatif à 1 p. 100.

Pour l'étude selon l'état physiologique, l'influence du sexe est calculée pour l'ensemble des individus ♂ et ♀.

a) *Influence de la température et de l'hygrométrie.*

On peut constater que, quel que soit l'état physiologique, la température et l'hygrométrie ont une action déterminante sur la durée de survie. Une augmentation de la température amène un raccourcissement de la durée moyenne de survie, alors que l'augmentation de l'hygrométrie provoque un allongement de la survie moyenne.

Toutefois, on remarque qu'avant la reproduction les hygrométries médianes (entre 42 et 76 p. 100) n'ont aucune influence quelle que soit la température alors que celle-ci existe lors de la période de reproduction (fig. 2 *a* et 2 *b*).

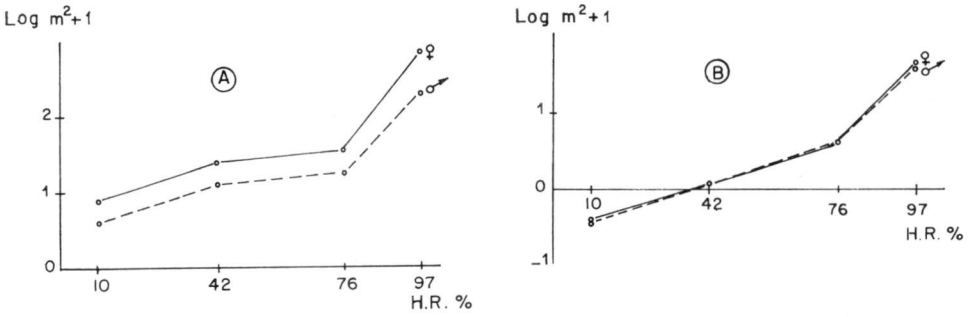


FIG. 2. — *Action de l'hygrométrie sur la survie moyenne selon le sexe*

A : avant la reproduction

B : pendant la reproduction

b) *Influence du sexe.*

Avant la reproduction, le sexe est un facteur important. En effet, les mâles résistent statistiquement moins longtemps au jeûne que les femelles. Cette différence disparaît lorsque ces insectes entrent dans la phase reproductrice. D'autre part, lors de la période de reproduction, les deux sexes survivent significativement moins longtemps qu'avant (comparaison des fig. 2 *a* et 2 *b*).

c) *Interactions entre les facteurs étudiés.*

L'étude des interactions entre deux facteurs donnés A et B que nous symboliserons par A × B, nous permet d'examiner si ces facteurs agissent avec la même intensité et dans le même sens. Graphiquement, l'interaction se traduit par un non-parallélisme des deux courbes.

L'analyse de ces phénomènes (tabl. 2) nous montre que les seules interactions existantes mettent en jeu l'état physiologique, c'est-à-dire la période étudiée, et deux autres paramètres considérés : le sexe et l'hygrométrie ce que laissait prévoir les résultats de l'action des différents facteurs sur la durée de survie.

TABLEAU 2

Interactions entre les facteurs étudiés

Interactions	Avant la reproduction		Pendant la reproduction		Entre les 2 périodes	
	Test F	Signification	Test F	Signification	Test F	Signification
Sexe × Hr.	1,57	NS	0,06	NS		
Sexe × T°	0,58	NS	0,55	NS		
T° × Hr	1,85	NS	1,37	NS		
Sexe × période					16,02	**
Hr × période.					5,89	*
T° × période					1,13	NS
Interaction globale					0,72	NS

* Significatif à 5 p. 100.
** Significatif à 1 p. 100.

En effet, pendant la reproduction, on constate que les hygrométries médianes (fig. 4) ont une influence sur la durée de survie alors que ce phénomène n'existe pas avant cette période.

Indépendamment du fait que la durée de survie moyenne soit plus courte pendant la reproduction, le facteur période physiologique joue avec une intensité différente pour les mâles et pour les femelles ; la différence existant entre eux devenant nulle lors de la phase reproductrice (fig. 3).

Dans les deux cas, les différences sont significatives.

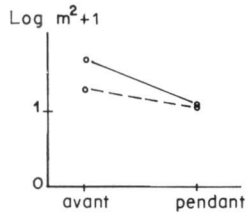


FIG. 3. — *Interactions sexe × période*

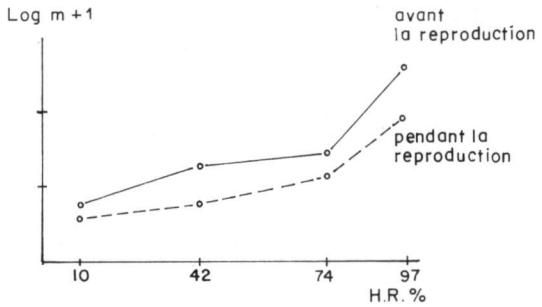


FIG. 4. — *Interactions hygrométrie relative × période*

3. — *Relations entre le rapport hygrométrie relative sur température (Hr p. 100/T°C) le délai du premier décès et la durée moyenne de survie*

Nous venons de montrer que la température et l'hygrométrie relative ont des actions notoirement différentes sur la durée moyenne de survie des individus en expérimentation lorsque ces facteurs sont examinés séparément. En utilisant le rapport de ces deux facteurs, Hr/T°C, il apparaît en outre une relation entre ce rapport et la durée moyenne de survie.

La figure 5 montre que la durée moyenne de survie avant la reproduction est égale, en première approximation, à l'accroissement du rapport Hr p. 100/T°C pour la gamme de températures et d'hygrométries considérée (0,25 Hr p. 100/T°C 18,5).

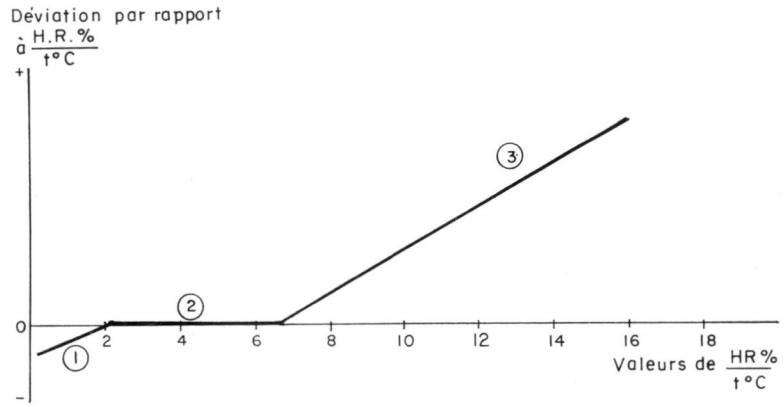


FIG. 5. — *Évolution théorique de la durée moyenne de survie en fonction de la valeur du rapport* $\frac{Hr\ p.\ 100}{T°C}$

1) Mort par dessication rapide ;
2) Zone optimale définissant la valence écologique de l'insecte pour le stade étudié ;
3) Zone de vie ralentie.

Cependant, pour les valeurs du rapport inférieures à 2, cette durée est moindre que celle prévue, alors qu'elle est supérieure pour les valeurs du rapport comprises entre 6,5 et 18,5.

— Lorsque ce rapport est inférieur à 2, ce qui correspond à des températures élevées (supérieures à 20°C) et à des hygrométries faibles (inférieures à 42 p. 100), l'animal a une activité très grande. D'autre part, comme l'a montré RAMSAY (1935) sur la Blatte, la perméabilité cuticulaire augmente brusquement au-dessus de 25°C ; l'animal a une activité très grande, ce qui entraîne une durée plus longue d'ouverture des stigmates (WIGGLESWORTH, 1935) sous l'action de stimuli chimiques (augmentation de CO_2 et augmentation de l'acide lactique).

Corrélativement, ces phénomènes entraînent une diffusion rapide vers l'extérieur de la vapeur d'eau par les trachées, ainsi qu'une diffusion probable à travers la cuticule ; les tensions de vapeur étant très différentes dans les trachées et dans l'enceinte d'expérimentation.

L'insecte perd donc son eau de manière extrêmement rapide et meurt par dessiccation de ses tissus (élimination de l'eau liée).

Lorsque le rapport Hr p. 100/T°C est élevé (supérieur à 6,5 avant la reproduction et supérieur à 4 pendant celle-ci), ce qui correspond à des températures basses (inférieures à 15°C) et à des hygrométries élevées (supérieures à 75 p. 100), l'activité de l'insecte est réduite (températures basses) et par conséquent les réserves énergétiques sont consommées lentement.

Chez les insectes soumis à ces conditions avant la période de reproduction, la durée moyenne de survie est significativement plus élevée que chez les individus en cours de reproduction ; en effet, durant cette période, les réserves sont en grande partie mobilisées pour la formation et la croissance des ovocytes et des spermatozoïdes. La faible activité entraîne par ailleurs un ralentissement de la durée et du rythme d'ouverture des stigmates. Les pertes en eau, déjà limitées du fait des tensions de vapeur très peu différentes dans les trachées et dans l'enceinte d'expérimentation diminuent encore.

Ces conditions correspondent approximativement à celles rencontrées dans le sol à une profondeur de 20 centimètres durant le mois d'octobre et durant l'hiver (+ 12°C en automne et + 5°C en hiver) ; elles reflètent donc un état de vie quiescent correspondant à l'hivernage des spécimens encore en cours de reproduction. On peut rapprocher de ce processus les observations faites par DUSAUSSOY (1963) sur la diapause de *Calosoma sycophanta* L.

— Un rapport Hr p. 100/T°C moyen (compris entre 2 et 6) correspond soit à des températures moyennes associées à des hygrométries fortes, soit à des températures basses et à des hygrométries moyennes (inférieures à 76 p. 100). De telles conditions semblent mettre en jeu des phénomènes plus complexes du fait que, dans ce cas, les réponses diffèrent selon l'état physiologique de l'insecte (avant et pendant la reproduction).

Sous l'action conjuguée de telles températures et hygrométries qui correspondent à celles rencontrées par l'insecte lors de ses périodes d'activité au verger, la perméabilité de la cuticule n'est pas modifiée, les pertes d'eau par cette voie sont donc très réduites ; en outre, elles sont aussi très lentes par les stigmates car les tensions de vapeur sont peu différentes à l'intérieur des trachées et à l'extérieur du corps. De plus, l'animal a la possibilité de transformer ses réserves lipidiques en énergie et en eau qui viennent combler le déficit produit par son activité.

Ceci pourrait expliquer l'absence d'action des hygrométries moyennes sur la survie avant la reproduction, ainsi que les différences significatives existant alors

entre mâles et femelles : les corps gras étant, comme nous avons pu l'observer sur plus de 600 individus lors d'une expérimentation antérieure, moins importants chez les mâles que chez les femelles. Cette hypothèse a pour corrolaire que, lors de la reproduction, la mobilisation des réserves entraîne une survie semblable des individus des deux sexes, ce que montre la figure 2 *b* ; et une influence des valeurs moyennes du rapport Hr p. 100/T°C sur la survie des insectes des deux sexes.

Enfin, ceci semble exclure la possibilité de la présence d'une hormone antidiurétique comme il en existerait chez certains insectes particulièrement adaptés à la sécheresse tels *Locusta migratoria* (MORDUE, 1970) car il n'y aurait pas alors d'action des hygrométries moyennes sur la survie pendant la phase reproductrice.

CONCLUSION

Quelle peut être la signification écologique des phénomènes que nous venons de mettre en évidence?

Nous avons vu que tous les auteurs ont souligné l'importance de l'hygrométrie et de la température dans la vie des insectes terricoles. Certains auteurs (THIELE, 1964) ont même cherché une relation entre la xérophilie de certaines espèces et les milieux où elles se trouvent. Ils ont donc cherché à définir la « Valence écologique » de ces espèces pour les facteurs considérés. Mais ces auteurs n'ont pas tenu compte des « préférences » ou « exigences » fluctuantes des insectes au cours de leur cycle reproductif ; or celles-ci sont plus étroites pendant la période de reproduction qu'avant.

Notre technique permet de tester les limites de cette « valence écologique » avant et pendant la reproduction, mais aussi de la quantifier, celle-ci étant comprise dans les limites où la courbe de survie ne présente pas de déviation par rapport à la droite supportant les valeurs successives du rapport Hr p. 100/T°C. Elle correspond, comme nous l'avons vu à la zone où la résistance au jeûne de l'animal n'est pas perturbée soit par les hygrométries très faibles et/ou par les températures élevées.

Ceci pourrait aussi expliquer certaines observations qui ont été déjà signalées, en particulier la xérophilie de *Trechus quadristriatus* SCHRANK en Finlande (pays froid) et son hygrophilie dans les pays de l'Europe moyenne plus tempérée (GERSDORF, 1937) l'insecte se tenant toujours dans des biotopes où il peut trouver un rapport Hr p. 100/T°C compatible avec ses exigences.

L'introduction d'un auxiliaire prédateur tel qu'un Carabique dans un milieu cultural déterminé pour lutter contre un ravageur donné devrait donc tenir compte non seulement de sa spécificité, des coïncidences phénologiques avec la proie, mais aussi de sa résistance au jeûne dans le biotope du déprédateur. De telles études seraient particulièrement utiles pour *Calosoma sycophanta* L. pour lequel on constate souvent un déphasage avec les chenilles lui servant de nourriture. En outre, il y aurait lieu de s'assurer également de l'existence à l'intérieur du biotope considéré, de « stations » dans lesquelles le rapport Hr p. 100/T°C correspondrait aux exigences de l'espèce en cause non seulement lors de la période de reproduction mais aussi durant le dépôt des œufs et la vie larvaire.

Ces informations préalables devraient permettre de réduire considérablement les risques d'échecs lors de l'introduction de tels prédateurs terricoles.

Reçu pour publication en février 1974.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE RESISTANCE TO STARVATION OF *PLATYSMA VULGARE* L. (COLEOPTERA, GROUND BEETLE) ACCORDING TO TEMPERATURE, HYGROMETRY AND PHYSIOLOGICAL CONDITION

In controlled hygrometry and temperature conditions, *Platysma vulgare* L. of both sexes display a lower resistance to starvation during the reproduction than before ; moreover, males have a lower survival than females before reproduction. In fact, before the reproductive stage, it has been observed that a relative hygrometry (Hr) rated between 40 and 75 p. 100 have no effect on the survival time.

In the second part, the use of the mean survival time is considered for the ratio of both factors, hygrometry and temperature (Hr p. 100 and T°C) as a test of the insect resistance to the environnement ; the mean zone of this ratio defining the ecological range of the insect for both parameters. This has to be considered when ground predators are introduced for biological control.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAUD L., 1955. Influence d'une sous-alimentation quantitative au cours du dernier intermue larvaire de *Bombyx mori* L. sur son développement ultérieur et sur celui de la génération suivante. *Rev. Ver soie*, **2**, 3-4, 57-159.

BAUD L., 1963. Action comparée d'une oligoinfection à *Bacillus thuringiensis* BERL., et du jeûne absolu chez un lépidoptère. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **261**, 3903-3905.

BUXTON P. A., 1932. The relation of adult *Rhodnius prolixus* (*Reduviidae*, *Rhynchota*) to atmospheric humidity. *Parasitology*, **24**, 429-439.

CHAUVIN R., 1956. Physiologie de l'insecte : 2e édition, 917 p., I. N. R. A., éd. Paris.

DUSAUSSOY G., 1963. Observations sur le comportement de *Calosoma sycophanta* L. en élevage. *Rev. Pathol. vég. Entomol. agric. Fr.*, **42**, 53-65.

GERSDORF E., 1937. Ökologische faunistische Untersuchungen über die Carabiden der Mecklemburgischen Landschaft. *Zool. Jahrb. Abt. Okol. Tiere*, **70**, 17-86.

GRISON P., LE BERRE J. R., 1953. Quelques conséquences physiologiques de l'inanition chez l'imago de *Leptinotarsa decemlineata* SAY. (Coléoptère *Chrysomelidae*). *Revue Path. vég. Entomol. agric. France*, **32**, 73-86.

GRUM L., 1966. Diurnal activity rhythm of starved *Carabidae*. *Bull. Acad. Polonaise Sci.*, Cl. III, 14, n° 6, *Sér. Sci. Biol.*, 405-11.

HERTER K., 1942-43. Über den Temperatursinn von Vorratsschädlingen. *Mitt. Gesellsch. Vorratsschutz E. V.*, **18**, 74-77-19, p. 5-11 et 23-24.

LAFON M., 1941. Étude expérimentale de l'inanition chez *Phormia regina* MEIGEN. *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 193-197.

LE CLERCQ J., 1947. Mise en évidence de réactions au gradient d'humidité chez plusieurs insectes. *J. Arch. Inter. Physiol.*, **55**, 93-116.

LUDWIG D., WUGMEISTER M., 1949. Effects of starvations on the blood of Japanese beetle (*Popillia japonica* NEWMAN) during metamorphosis. *Physiol. Zool.*, **22**, p. 308-317.

MILLOT J., VACHON M., 1949. in P. P. GRASSE. Traité de Zoologie. **4**, p. 420, éd. MASSON et Cie, Paris.

MORDUE, 1970. Evidence for the existence of diuretic and anti-diuretic hormones in locusts. *J. Endocr.*, **46**, 119-120.

PERTTUNEN V., 1951. The humidity preferences of various Carabid species (Col. *Carabidae*), of wet and dry habitats. *Annal. Entomol. Fennici*, 72-84.

PETERSON A., 1964. Entomological techniques (How to work with insects). Edwards Brothers Ed. Ann. Arbor. Michigan.

RAMSAY J. A., 1935. The evaporation of water from the cockroach. *J. exp. Biol.* **12**, 373-83.

SAVORY Th., 1928. The biology of spiders, 132-133, London.

THIELE H. U., 1964. Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. *Z. Morph. Okol. Tiere*, **53** (4), 387-452.

THIELE H. U., 1967. Ein Beitrag zur experimentallen Analyse von Euryökie und Stenökie bei Carabiden. *Z. Morph. Okol. Tiere*, **58**, 355-372.

THIELE H. U., LEHMANN H., 1967. Analyse und Synthese im tierökologischen Experiment. *Z. Morph. Okol. Tiere*, **58**, 373-380.

VAN DINTHER J. B. M., 1964. Studies on the starvation capacities of some Carabid species. *Mededel. van de Landbouwhoge-school en de opzoekinsstations van de Staat. te Gent.*, **29**, 1088-1096.

VAN HEERDT P. F., 1950. The temperature and humidity preference of certain *Coleoptera*. *Proc. Konin. Ned. Akad. v. Wet.*, **53**, 347-60.

WIGGLESWORTH V. B., 1935. The regulation of respiration in the flea *Xenopsylla cheopsis*. *Proc. Roy. Soc.*, B, **118**, 397-419.

WIGGLESWORTH V. B., 1965. The principles of insect Physiology, 6th Ed., 741 p., Methuen., London.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 383-406.

PARASITISME NATUREL ET EXPÉRIMENTAL DU GENRE *HYPONOMEUTA* LATR. (*LEPIDOPTERA*) PAR L'ENTOMOPHAGE POLYEMBRYONNAIRE *AGENIASPIS FUSCICOLLIS* DALM. (*HYMENOPTERA, CHALCIDOÏDEA*)

J. P. NÉNON

Laboratoire de Zoologie,
Faculté des Sciences,
B. P. 347, 51062 Reims Cedex

RÉSUMÉ

Le genre *Hyponomeuta* LATR. est bien représenté en région Champagne-Ardenne par quatre de ses espèces : *H. malinellus* ZELL., *H. padellus* L., *H. cognatellus* HÜBN et *H. mahalebellus* GUEN.

Ce mémoire s'attache à apprécier le rôle joué par le Chalcidien Encyrtidé *Ageniaspis fuscicollis* DALM. sur la limitation des populations des quatre espèces de Lépidoptères citées, dans les conditions naturelles de parasitisme dont les possibilités d'accroissement sont recherchées expérimentalement.

Au cours du développement de l'entomophage, les stades embryonnaire et larvaires ne dégénèrent jamais tandis qu'au contraire, les stades nymphal et pré-imaginal se révèlent, après la mort de l'hôte, plus fragiles. Par ailleurs, un certain nombre d'imagos ne parviennent pas à émerger.

La mortalité qui se manifeste réduit alors le nombre élevé des descendants d'*Ageniaspis fuscicollis* dont un seul œuf engendre en moyenne, par polyembryonie 100 individus.

INTRODUCTION

De nombreux travaux consacrés aux parasites des Hyponomeutes, signalent, outre des Champignons et Microsporidies (CONSTANTINEANU *et al.*, 1964), des Grégarines (BEIRNE, 1943), auxquels s'ajoutent des Nématodes du genre *Mermis* obtenus de nos propres élevages d'*Hyponomeuta padellus* et surtout une importante faune d'Insectes Diptères et Hyménoptères. JUNNIKALA (1960) établit, en Finlande, la liste exhaustive de ces derniers pour un Hyponomeute d'importance économique :

Hyponomeuta malinellus. Cet auteur mentionne en particulier au sein de la biocénose parasitaire, la présence d'*Ageniaspis fuscicollis* comme le font la plupart des travaux parmi lesquels nous citerons ceux de BILANOVKIJ (1938), KARABAEVA et ROMANENKO (1962) en U. R. S. S., de VOUKASSOVITCH (1927, 1929, 1933), VACLAV (1958) et BOGAVAC (1964) en Yougoslavie, de PAG (1959) et FRIESE (1963) en Allemagne, de MARTIN (1914) et FERRIÈRE (1953) en Suisse, THORPE (1930) et BEIRNE (1943) en Grande-Bretagne.

En France, L. GAUMONT (1923) obtient l'entomophage dans le Gâtinais alors qu'ANGELINI, CHEVREL et R. GAUMONT (1950) de même que TROUVELOT, ARNOUX et MARTOURET (1954) l'observent en Normandie.

A l'exception d'une note de GOUREAU (1847) constituant la première référence au mode de vie parasitaire du Chalcidien, nommé à tort par cet auteur *Encyrtus cyanocephalus*, l'ensemble des travaux précédemment cités sont tous postérieurs à la découverte par MARCHAL (1898, 1899, 1904) chez *Ageniaspis fuscicollis* (= *Encyrtus fuscicollis*), reprenant les observations préliminaires de BUGNION (1891) du phénomène de polyembryonie. Ce mode de reproduction a été retrouvé ensuite chez 18 espèces d'Hyménoptères (BERLAND in GRASSE, 1951) tous Térébrants, à l'exception d'un Aphelopinae (KORNHAUSER, 1919).

Dans le cadre de la lutte intégrée, DIADECHKO (1959) examine l'impact des prédateurs et parasites des Hyponomeutes. En U. R. S. S., l'utilisation d'*Ageniaspis fuscicollis* est préconisée dès 1954 par PETROV en vue de la lutte biologique. Dans le même but, le pouvoir limitant des entomophages à l'égard des Hyponomeutes est nettement mis en évidence (VACLAV, 1958) (KOT, 1964). Le rôle prépondérant revenant à *Ageniaspis* se trouve souligné, rôle encore renforcé et plus efficace si le parasite trouve dans les stations refuges judicieusement conservées des plantes mellifères lui assurant une longévité et une fertilité accrues (SYTENKO, 1962).

En Champagne, nos observations montrent cependant que les foyers d'infestation d'Hyponomeutes subsistent à l'état endémique parfois depuis douze ans (DE MEIRLEIRE, 1962) malgré la présence permanente d'*Ageniaspis fuscicollis*. Ce maintien des populations de Lépidoptères fortement défoliateurs semble incompatible avec le pouvoir de multiplication très élevé de l'entomophage dont un seul œuf peut engendrer jusqu'à 150 descendants.

Nous avons donc cherché à apprécier l'importance du parasitisme exercé sur quatre espèces d'Hyponomeutes par l'entomophage dont nous suivons par ailleurs la physiologie du développement et à repérer là où les phase(s) limitant son extension potentielle.

I. — PARASITISME EN CONDITIONS NATURELLES

A. — *Distribution régionale des foyers d'*Ageniaspis

Les Hyponomeutes constituent un groupe homogène au sein duquel la reconnaissance des espèces est mal aisée. Les différences spécifiques portent à tous les stades du développement sur d'infimes détails morphologiques, ce qui pose un problème de « formes », « races » et « espèces ».

Se référant à la morphologie des génitalia, FRIESE (1960) put trancher partielle-

ment le dilemme en reconnaissant formellement un certain nombre d'espèces. Cependant, l'absence de différences ou leurs caractères non constants dans d'autres Hyponomeutes conduisirent à la création du complexe « padellus » (FRIESE, 1960) rassemblant un ensemble de formes éthologiquement distinctes (PAG, 1959). L'étude attentive du comportement des chenilles et nymphes du groupe *padellus*, dépourvues de caractères différentiels, permit toutefois de reconnaître notamment les formes « *malinellus* » et *cognatellus* (WIEGAND, 1962). Dans le genre *Hyponomeuta*, certaines espèces présentent une monophagie stricte (DUMONT, 1928). Plusieurs espèces peuvent fréquenter le même végétal.

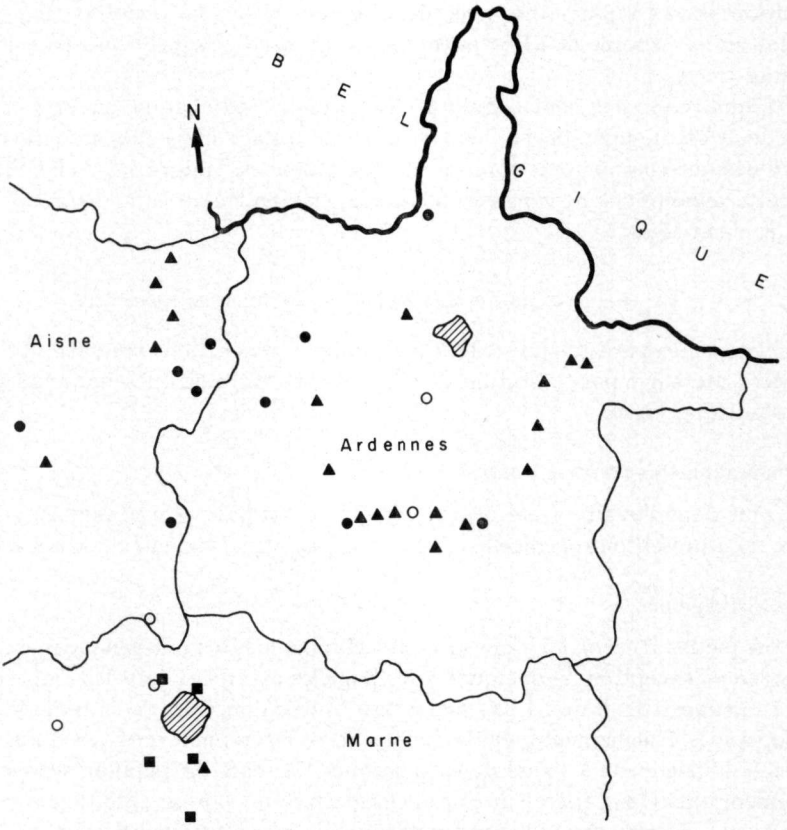


FIG. 1. — *Répartition géographique en région Champagne-Ardenne des foyers d'*Ageniaspis fuscicollis *parasite de 4 espèces d'*Hyponomeuta

▲ *Hyponomeuta malinellus* ● *Hyponomeuta padellus*
○ *Hyponomeuta cognatellus* ■ *Hyponomeuta mahalebellus*

En comparant nos observations concernant le régime alimentaire avec celles du comportement (perforation des épidermes, évolution du stade « chenilles mineuses », vie en groupe ou non, tissage collectif ou non des cocons de nymphose), nous avons reconnu à partir de 5 végétaux communs en Champagne :

— *Hyponomeuta malinellus* ZELL. sur *Pyrus malus* ;
— *Hyponomeuta padellus* L. sur *Prunus spinosus et Crataegus oxyacantha* ;

— *Hyponomeuta cognatellus* HUBN. sur *Evonymus europaeus* ;
— *Hyponomeuta mahalebellus* GUÈN. sur *Cerasus mahaleb.*

La figure 1 montre la répartition des foyers d'Hyponomeutes parasités par *Ageniaspis fuscicollis*. La région prospectée couvre les environs immédiats de Reims, le nord du département de la Marne, l'est du département de l'Aisne et la majeure partie du département des Ardennes.

Les deux espèces d'Hyponomeutes les plus abondantes sont *H. malinellus* strictement inféodé au pommier et *H. padellus* sur prunelier et aubépine. *H. cognatellus* ne se rencontre que dans la moitié environ des stations de fusain d'Europe et sa répartition reste toujours très ponctuelle. Quant à *H. mahalebellus*, il ne devient fréquent qu'aux abords de l'Ile-de-France sur la côte de laquelle prospère le Cerisier de Sainte-Lucie.

Ces quatre espèces sont communes en paysages de champs ouverts, caractéristiques de la Champagne proprement dite, ou de bocage mais elles disparaissent vers le Nord dès que commence la forêt dense des Ardennes. Malgré des recherches suivies dans cette région nous ne connaissons qu'une station très réduite d'*H. padellus* dans la Vallée de la Meuse.

B. — *Cycle de développement d'*Ageniaspis fuscicollis

L'hôte et le parasite présentent une unique génération annuelle. Le cycle du parasite a été suivi par dissection et préparations histologiques au cours des différents stades de l'hôte.

*L'œuf d'*Ageniaspis *avant la ponte.*

L'œuf dans l'ovaire a été décrit par BUGNION puis par MARCHAL. Il mesure 140 × 20 μ présente un pédicelle effilé et montre deux renflements à ces extrémités.

*La ponte d'*Ageniaspis.

Lorsque les *Ageniaspis* émergent, les Hyponomeutes ont généralement terminé de pondre à l'exception de quelques rares femelles attardées dont les œufs échappent alors à l'action parasitaire. L'Hyménoptère trouve donc lors de sa période de ponte des ooplaques fraîchement déposées mais déjà légèrement crustacées. La femelle reconnaît longuement à l'aide de ses antennes les œufs du papillon puis redressant l'abdomen, ajuste sa tarière sur l'un d'eux perfore le chorion et y dépose un de ses propres œufs. Elle ne quitte l'ooplaque qu'après avoir pratiquement infesté la totalité des œufs du papillon.

*L'œuf d'*Ageniaspis *dans l'œuf* d'Hyponomeuta.

La recherche de l'œuf d'*Ageniaspis* par dilacération de l'œuf de l'Hyponomeute est très aléatoire quant à son aboutissement car l'œuf du parasite se trouve plongé dans une masse relativement importante. La technique des coupes sériées donne des résultats plus satisfaisants.

Après la ponte, l'œuf d'*Ageniaspis* apparaît ovoïde ; il a perdu le pédicelle qu'il présentait dans les voies génitales femelles. Au stade le plus jeune où nous l'avons observé, il présente cinq noyaux ; quatre d'entre eux sont petits, bien arrondis, de

taille égale. Le cinquième, placé toujours excentriquement, lobé, est très volumineux : c'est le « paranucleus » qui représente l'ébauche du futur amnios collectif ou « trophamnios » de MARCHAL, alors que les autres noyaux engendreront la totalité des descendants.

Période hivernale : formation d'un kyste.

Les chenilles parasitées montrent lorsqu'on les dilacère, un kyste arrondi contenant alors une dizaine de noyaux embryonnaires tandis que le paranucleus apparaît sous la forme d'un grand croissant ; c'est en cet état que l'œuf entouré d'un revêtement kystique passera l'hiver sans subir de modifications sensibles durant 4 à 5 mois.

Période printanière : polyembryonie.

Avant même que les chenilles quittent l'hibernaculum qui les a abritées, le kyste montre les premiers signes d'activité qui se traduisent par l'augmentation du nombre des noyaux embryonnaires tandis que le paranucleus se digite et se ramifie rapidement. A ce stade, le complexe polygerminal mesure 0,5 mm et commence à s'allonger sous la multiplication très rapide des noyaux qui évoluent en autant de morulas (fig. 2). Les germes moruliformes peuvent se cliver. Il en est de même pour une faible proportions de blastulas. L'ensemble des germes formés évoluent alors en gastrulas. (NÉNON, 1974).

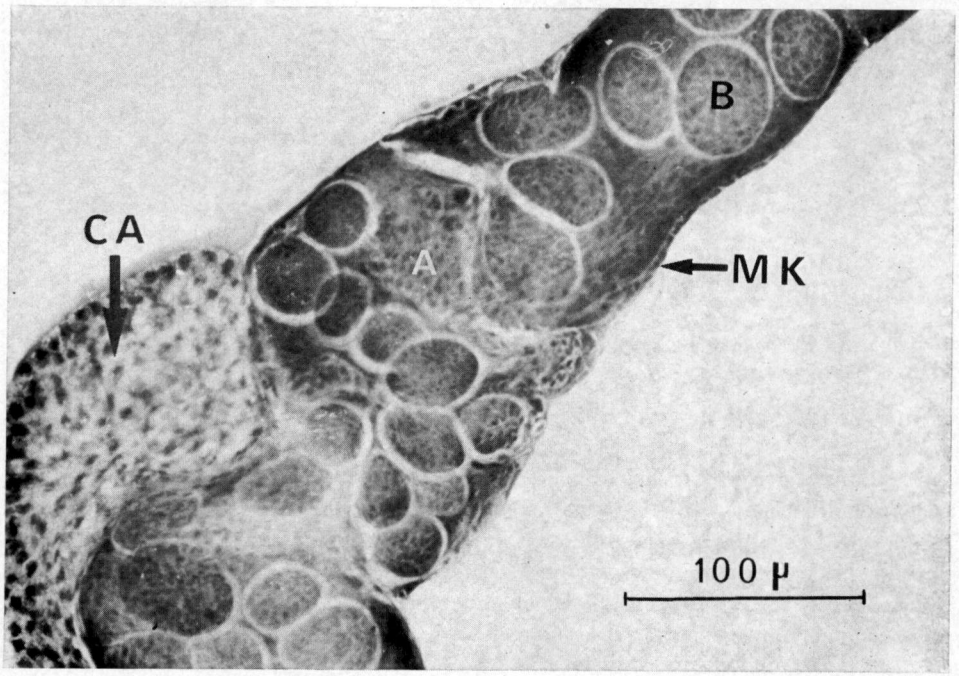


FIG. 2. — *Fragment d'un complexe polyembryonnaire d'*Ageniaspis fuscicollis *au stade des blastulas* (B)

Chacune d'elles est entourée d'une auréole de substance amniotique commune (A)
MK : membrane kystique ; CA : corps adipeux de l'hôte
Montage *in toto*. Fixation Picroformol de Bouin. Coloration Feulgen Orangé G

Formation des cordons polyembryonnaires.

De mi-avril à début mai, selon les années, la chenille d'Hyponomeute passe au second stade larvaire. Le cordon polyembryonnaire s'accroît rapidement jusqu'à mesurer quelques millimètres. Primitivement rectiligne, il donne bientôt naissance à plusieurs ramifications dans lesquelles s'engagent les nombreux embryons (fig. 3).

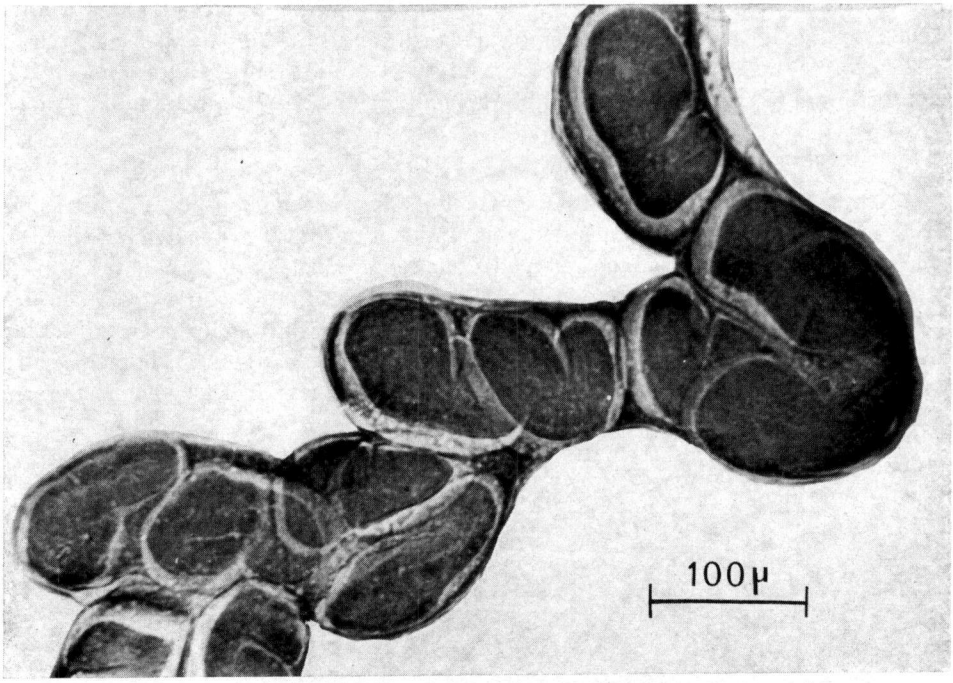


FIG. 3. — *Portion d'une chaîne polyembryonnaire au stade de l'embryogenèse*
Les individus se chevauchent et distendent le cordon qui les contient
Montage *in toto*. Fixation Picroformol de Bouin. Coloration Feulgen-Fast-green. Orangé G

Vie larvaire et rupture des cordons.

Les individus d'un complexe polyembryonnaire évoluent de façon rigoureusement synchrone ce qui se constate aisément lors des mues du parasite. Les embryons donnent bientôt naissance à des larves qui grossissent et se chevauchent les unes les autres dans le cordon qu'elles distendent. Lors de la dernière mue larvaire, le cordon se rompt, libérant ainsi les larves d'*Ageniaspis* pourvues d'un appareil buccal bien développé. Les entomophages commencent alors à manger les organes de la chenille-hôte : corps adipeux, œnocytes, muscles, tube digestif et enfin système nerveux sont successivement attaqués (fig. 4). La chenille meurt alors sans avoir pu se nymphoser et sa peau se moule sur les parasites qu'elle contient (fig. 5).

C. — *Synchronisme des cycles de l'hôte et du parasite*

Un strict synchronisme existe entre le développement de l'hôte et celui du parasite hébergé ; ceci est particulièrement sensible et aisé à constater au cours de la brève

FIG. 4. — *Coupe longitudinale d'une chenille d'Hyponomeute parasitée et momifiée* (partie moyenne)
La chaîne polyembryonnaire s'est développée dorsalement par rapport au tube digestif (TD). A ce stade, le cordon se rompt. Les larves d'*Ageniaspis* (Ag) vues en coupe transversale ne sont plus entourées que par le trophamnios (T) vestigial. CD : cuticule dorsale de la chenille. Fixation Duboscq-Brasil. Coupe à 5 μ. Coloration Feulgen.

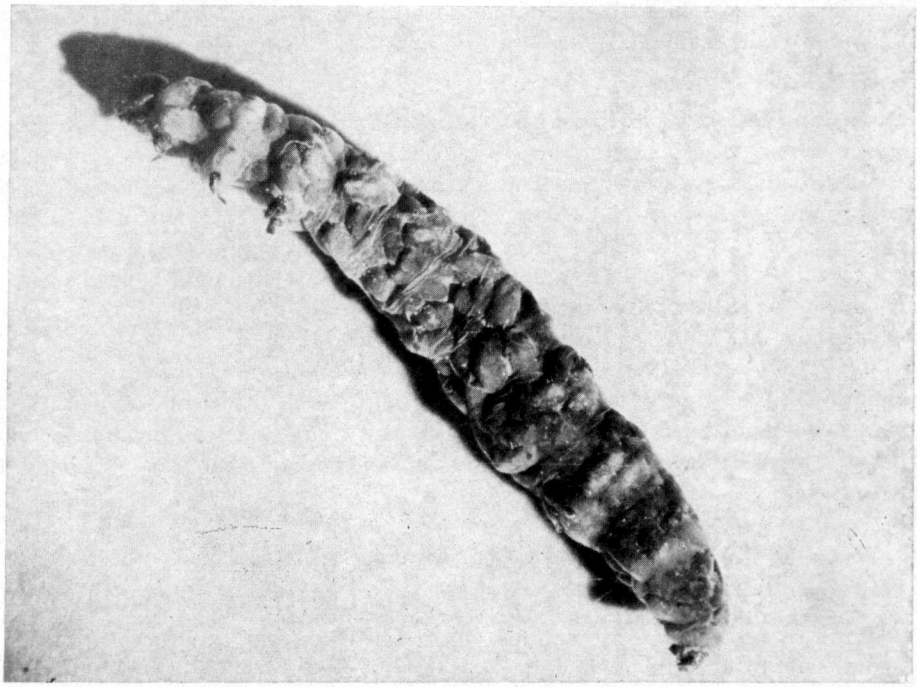


FIG. 5. — *Chenille momifiée d'*Hyponomeuta malinellus
La peau de la chenille se dessèche et se moule sur les nymphes d'*Ageniaspis* qui apparaissent extérieurement sous forme de saillies ovoïdes. Les parasites envahissent la totalité du corps de l'hôte. (Longueur de la chenille : 18 mm).

période annuelle où se produit le phénomène de polyembryonie d'*Ageniaspis*. La multiplication du nombre des noyaux embryonnaires s'opère au cours d'une période s'étendant de 48 heures à 9 jours après la sortie des larves d'Hyponomeutes de 1er stade ayant passé l'hiver, sans s'alimenter, sous l'hibernaculum. Cette sortie des chenilles est elle-même sous la dépendance combinée de la température et des précipitations atmosphériques.

Dès que les jeunes Hyponomeutes commencent à s'alimenter du parenchyme des feuilles dans lesquelles elles vivent en mineuses jusqu'à la 2e mue larvaire, leur milieu intérieur subit une très forte hydratation. Cette modification d'autant plus profonde que les individus en période hivernale présentent un aspect et un contenu de leur corps très déshydratés, a fait supposer à MARCHAL (1904) que la polyembryonie trouvait son déterminisme dans ce choc osmotique, hypothèse renforcée par les travaux de BATAILLON (1900) sur l'œuf de la Lamproie.

Le synchronisme des cycles de l'hôte et du parasite (NÉNON et DE MEIRLEIRE, 1972) se trouve confirmé par 3 types d'expériences.

Jeûne forcé des larves d'Hyponomeutes.

Lors de leur sortie printanière, les jeunes chenilles errantes de 1er stade sont récoltées avant leur pénétration dans les feuilles et soumises à un jeûne forcé sous conditions atmosphériques du moment. Dans ce cas, la polyembryonie ne se déclenche pas.

Maintien hivernal de la diapause.

Les ooplaques des Hyponomeutes recueillies en hiver sur les rameaux sont maintenues en réfrigérateur à + 4°C. Dans ces conditions, les chenilles peuvent survivre plusieurs mois. Leur dissection ne révèle alors, en ce qui concerne l'évolution du complexe polygerminal d'*Ageniaspis* qu'un kyste d'hiver, typique.

Rupture précoce de diapause.

Cette opération très délicate à mener ne réussit qu'avec un très faible taux de succès estimé à 2 p. 100 à condition de procéder par chocs thermiques avant d'installer les chenilles progressivement à la température du laboratoire. En effectuant cette rupture de diapause sur 40 plaques de 60 œufs en moyenne, nous avons obtenu 34 chenilles aptes à s'alimenter sur bourgeons forcés. Disséquées au cours du second stade larvaire, 7 ont livré un complexe polyembryonnaire bien développé et parvenu au stade des blastulas. Cette opération s'est effectuée à la mi-décembre, or la polyembryonie dans les conditions naturelles intervient vers la fin avril.

Ces trois observations montrent donc un synchronisme rigoureux entre l'évolution du Chalcidien et celle de ses hôtes : la 1re prise de nourriture apparaît bien comme le facteur déclenchant la polyembryonie sans qu'il soit pour l'instant possible d'affirmer que ce phénomène tire son déterminisme du choc osmotique, de nombreux autres facteurs à analyser étant alors en jeu.

D. — *Taux de parasitisme d'*Ageniaspis *sur* Hyponomeuta

a) *Taux par espèce.*

Les résultats de nos observations sont donnés par le tableau 1.

Les taux de parasitisme indiqués dans le tableau 1 résultent de comptage effectués durant 5 ans pour les trois premières espèces citées et 3 ans pour *H. mahabellus*.

Dans le cas d'*H. malinellus*, les taux de parasitisme témoignent des variations constatées dans une même localité du Rethélois où subsistent des vergers de plein vent non entretenus et ne recevant aucun traitement. Par contre les taux signalés pour *H. cognatellus*, *H. padellus* et *H. mahalebellus*, récoltés en divers endroits rendent

TABLEAU I

Pourcentage du parasitisme exercé par Ageniaspis fuscicollis *sur 4 espèces d'Hyponomeutes en Champagne-Ardenne*

(Sous les pourcentages, entre parenthèses, nombre d'individus examinés)

Espèces	Année				
	1969	1970	1971	1972	1973
1. *H. malinellus*	35 % (2761)	28 % (4129)	46 % (3714)	31,5 % (4992)	16,4 % (6438)
2. *H. cognatellus*	12 % (521)	9 % (678)	0,1 % (624)	12 % (3387)	18,7 % (3820)
3. *H. padellus*	6 % (604)	6 % (413)	4,6 % (1088)	14,2 % (1624)	11,1 % (1012)
4. *H. mahalebellus*	non chiffré	non chiffré	2 % (213)	6,8 % (874)	13,5 % (2439)

b) *Taux de parasitisme de l'espèce* H. cognatellus *en 1973.*

TABLEAU 2

Les échantillonnages de populations élevées au laboratoire proviennent de 5 sites

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
	faibles populations			fortes invasions	
Nombre total de nids (1) d'Hyponomeutes	2	3	31	X	X
Nombre total de chenilles récoltées	49 (totalité)	90 (totalité)	715 (totalité)	231	1 354
Nombre de chenilles parasitées	0	0	11	12	363
parasitisme (%)	0	0	1,3	5,15	26,9

(1) Groupe plus ou moins lâche des chenilles nées d'une même ooplaque.

compte d'une valeur moyenne d'infestation pour l'ensemble des populations de ces Lépidoptères en Champagne.

Le parasitisme par *Ageniaspis fuscicollis* n'apparaît qu'à partir d'une certaine importance du foyer d'Hyponomeutes dont celle du site 3 apparaît comme la limite inférieure. Il convient de remarquer dans ce cas que sur l'ensemble de la population, 11 chenilles seulement se sont révélées parasitées ce qui est très inférieur au nombre d'œufs pondus par une seule femelle d'*Ageniaspis* estimé au minimum à 68 (Petrov, 1964). Cette différence semble imputable à la mortalité larvaire subie par les Hyponomeutes en particulier pendant la phase « mineuse » au cours du printemps 1973 sans qu'il soit possible d'éliminer la cause d'une ponte partielle d'*Ageniaspis* face à une densité d'ooplaques insuffisante.

Les populations des sites 4 et 5 présentant les plus fortes infestations par l'Encyrtidé sont numériquement les plus importantes. Par ailleurs, elles voisinent avec des foyers d'autres espèces d'Hyponomeutes également parasitées ce qui nous a conduit à envisager les problèmes de la spécificité parasitaire et des changements d'hôtes que nous aborderons ensuite.

E. — *Relation entre les dates d'émergence d'*Ageniaspis *et de 4 de ses hôtes* (fig. 6)

L'émergence d'*Ageniaspis fuscicollis* a été suivie au cours de l'été 1972 à partir de 5 lots de 100 chenilles momifiées appartenant à 4 espèces d'Hyponomeutes dont l'une (*H. padellus*) vit sur deux végétaux.

Les courbes du rythme d'émergence montrent que les parasites nés de l'Hyponomeute du fusain apparaissent en premier. Un chevauchement se produit pour les autres lots. Les *Ageniaspis* de *H. mahalebellus* sont les derniers à apparaître. C'est finalement pendant plus d'un mois que se produisent les émergences de parasites.

En considérant les périodes de vols des Lépidoptères reportées sur la figure 6, on constate donc que toutes les ooplaques déposées peuvent être théoriquement infestées. Par ailleurs, en accordant une longévité moyenne de 4 à 5 jours aux Chalcidiens, il apparaît que le parasitisme des *Ageniaspis* nés d'*H. padellus* et *H. malinellus* peut s'exercer sur les œufs d'*H. mahalebellus*. Seuls les *Ageniaspis* nés d'*H. cognatellus* ne peuvent pondre que dans les œufs de cette dernière espèce. Une « ségrégation chronique » peut donc s'établir entre les populations d'*Ageniaspis* apparaissant à des dates différentes mais il est possible également qu'aient lieu des changements d'hôtes au cours de la ponte par rapport à l'hôte de développement.

F. — *Fréquence du nombre de parasites émergeant des chenilles d'Hyponomeutes* (fig. 7)

Au sein de 3 populations d'Hyponomeutes, 100 chenilles momifiées ont été récoltées puis isolées en fioles individuelles et laissées en conditions atmosphériques naturelles jusqu'à la fin de l'émergence de l'entomophage.

Pour chaque échantillon, les Hyménoptères obtenus ont été dénombrés. L'histogramme des fréquences de leur nombre a été établi par tranches de 10 individus. Le nombre maximum obtenu dans le cas de *H. padellus* (140) correspond très vraisemblablement au développement de 2 chaînes polyembryonnaires dans une seule chenille.

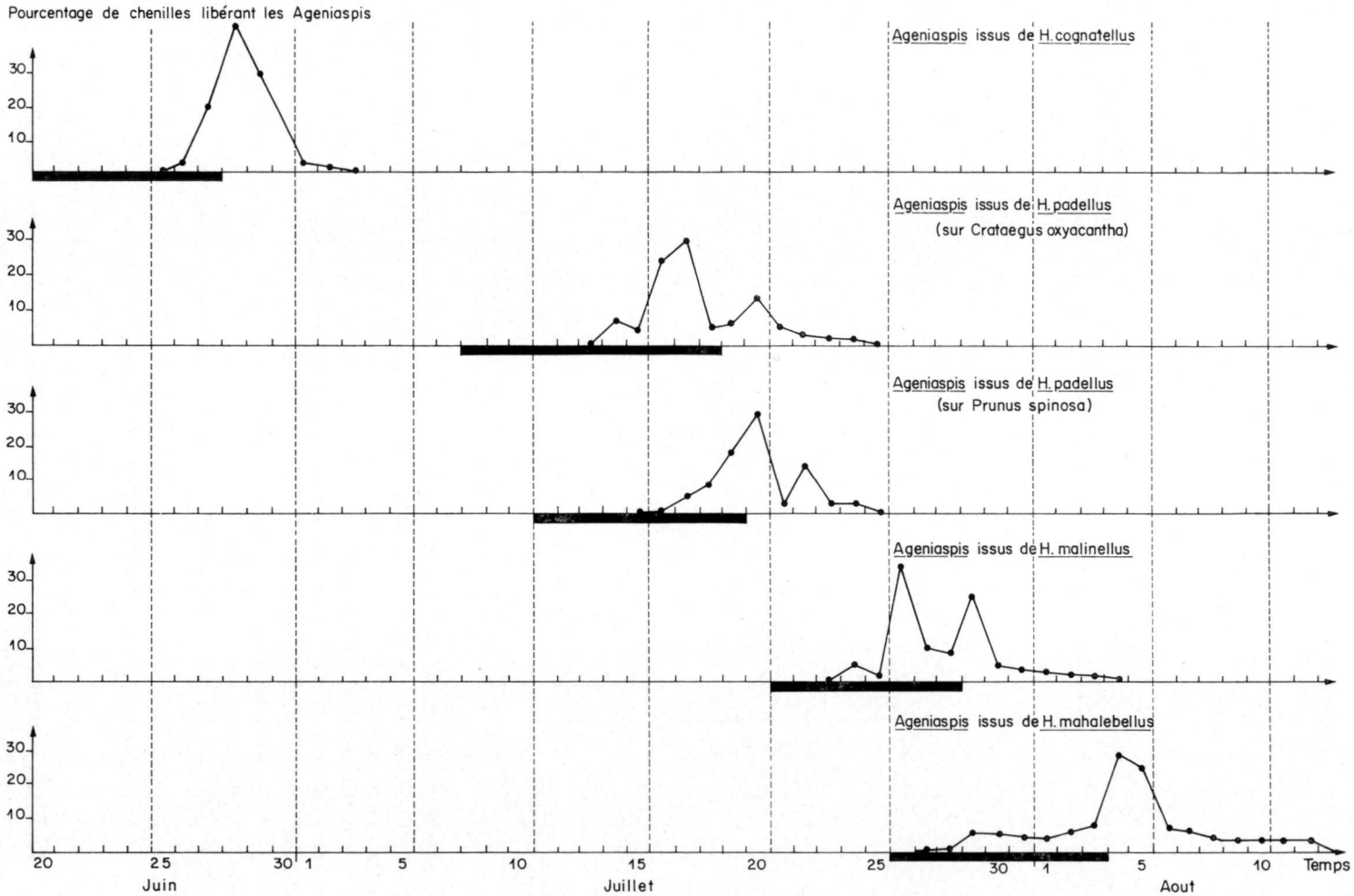


FIG. 6. — *Relations entre l'émergence d'*Ageniaspis fuscicollis *et la période de vol* (trait gras) *de cinq lots d'Hyponomeutes appartenant à 4 espèces distinctes au cours de l'été 1972*

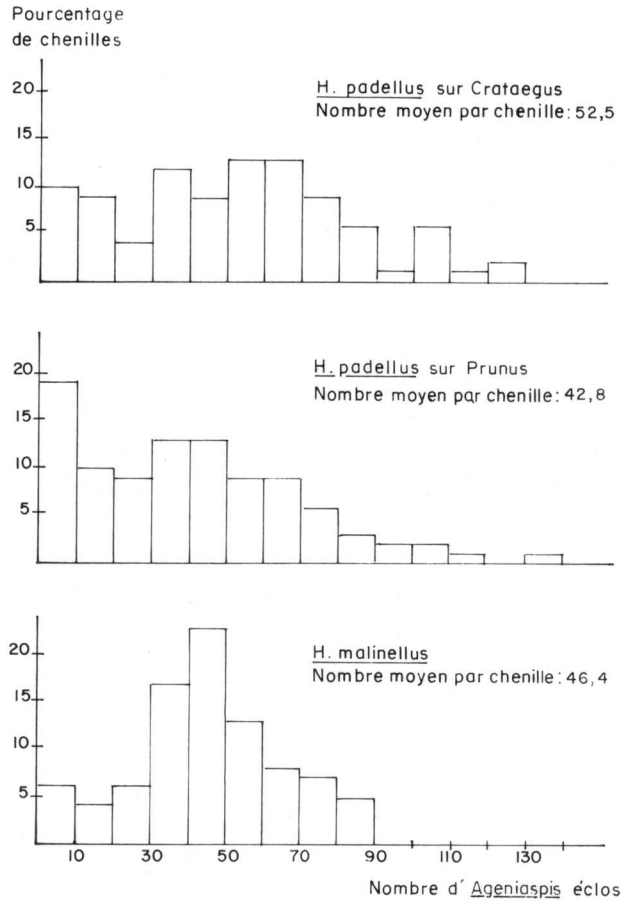


FIG. 7. — *Histogrammes des fréquences du nombre d'*Ageniaspis fuscicollis *obtenus de 3 échantillons de 100 Hyponomeutes parasités*

Dans le cas de *H. malinellus*, ce maximum se situe à 90 et pour cette espèce il est intéressant de comparer nos résultats à ceux obtenus en Finlande en 1957 (JUNNIKALA, 1960).

A partir des données brutes de cet auteur nous avons établi les fréquences du nombre d'*Ageniaspis* et constaté alors un décalage de l'histogramme vers la droite, les extrêmes se situant à 30 et 150.

Dans ce cas, la moyenne par chenille parasitée s'élève à 73,0 individus émergeant pour une population infestée seulement à 2,3 p. 100. En Champagne, cette moyenne a été en 1972 de 46,4 individus pour un taux de parasitisme de 16,4 p. 100.

II. — PARASITISME EXPÉRIMENTAL

A. — *Spécificité parasitaire et changement d'hôte*

La figure 6 montre l'impossibilité pour les *Ageniaspis* de courte longévité, nés de l'Hyponomeute du fusain de parasiter les œufs des autres espèces apparaissant

plus tard dans le temps. Par contre, les parasites obtenus des chenilles des trois autres espèces, peuvent théoriquement parasiter les œufs d'*H. cognatellus* en cours d'embryogénèse qui écloront début septembre.

Nous avons voulu vérifier cette éventualité et avons cherché à parasiter des ooplaques d'*H. cognatellus* par des *Ageniaspis* nés d'*H. malinellus* à partir d'une souche saine implantée selon le protocole suivant :

1970 : Installation sur plantation de fusains d'*H. cognatellus* ; aucun apport de parasites.

1971 : — 293 chenilles, toutes indemmes de parasitisme dû à *Ageniaspis* ;
— Éclosion des papillons ;
— Apport de 3 chenilles d'*H. malinellus* parasitées.

1972 : — 879 chenilles dont 3 parasitées ;
— Éclosion des papillons ;
— Apport de 40 chenilles d'*H. malinellus* parasitées.

1973 : — 2 470 chenilles dont 192 parasitées soit 7,7 p. 100 de la population.

Cette infestation prouve donc la possibilité d'un changement d'hôte pour *Ageniaspis fuscicollis* né dans ce cas d'*H. malinellus* et parasitant *H. cognatellus*. Toutefois, il faut remarquer la lenteur de la progression du parasitisme alors qu'au cours d'une acclimation en Khirghizie (PETROV, 1964), les Chalcidiens nés de 150 chenilles momifiées d'*H. malinellus* se sont installés et ont colonisé 100 à 150 ha de vergers de pommiers avec un taux de parasitisme élevé.

B. — *Accroissement du taux de parasitisme*

Cette expérience a nécessité l'utilisation d'une cage de fin treillis de 2 × 2 × 3 m enfermant complètement un jeune pommier préalablement débarrassé par traitement chimique de tous ses parasites.

— 1971 : Apport de 400 papillons (*H. malinellus*) et d'environ 10 000 *Ageniaspis* contenus dans 160 chenilles momifiées.

— 1972 : Récolte totale des chenilles saines et parasitées. Taux moyen de parasitisme : 87 p. 100.

Apport de 300 papillons et environ 2 000 parasites contenus dans 30 chenilles momifiées.

— 1973.

a) *Taux de parasitisme.*

15 « nids » de très jeunes chenilles — correspondant à 15 ooplaques — ont été récoltés fin avril en divers endroits du pommier et élevés au laboratoire. Parmi les 381 chenilles parvenues en fin de vie larvaire, 69 étaient parasitées ; le taux de parasitisme est donc égal à 18,1 p. 100 c'est-à-dire approximativement le double des conditions artificielles créées (300 papillons et 30 chenilles momifiées). Il en est de même pour la génération 1971/1972, où un parasitisme expérimental de l'ordre de 40 p. 100 environ s'élève l'année suivante à 87 p. 100.

Dans les conditions où nous avons opéré et qui sont caractérisées par de fortes

densités d'hôtes et de parasites contenus dans un volume restreint, on peut donc estimer que d'une année sur l'autre, le taux d'infestion double en dehors de toute action parasitaire autre que celle exercée par *Ageniaspis*.

b) *Répartition du nombre de chaînes polyembryonnaires dans les chenilles soumises à un taux artificiellement élevé de parasitisme.*

Dans les conditions naturelles de parasitisme par *Ageniaspis*, les larves d'Hyponomeutes ne présentent le plus souvent qu'une seule chaîne polyembryonnaire (96 p. 100 des cas). Il arrive cependant que deux chaînes puissent coexister (3,5 p. 100) mais la présence simultanée de 3 chaînes dans une même chenille devient exceptionnelle (0,5 p. 100). Dans ces derniers cas, 2 ou 3 œufs ont alors été pondus par l'*Ageniaspis* dans l'œuf du Lépidoptère ce qui explique la possibilité d'une émergence simul-

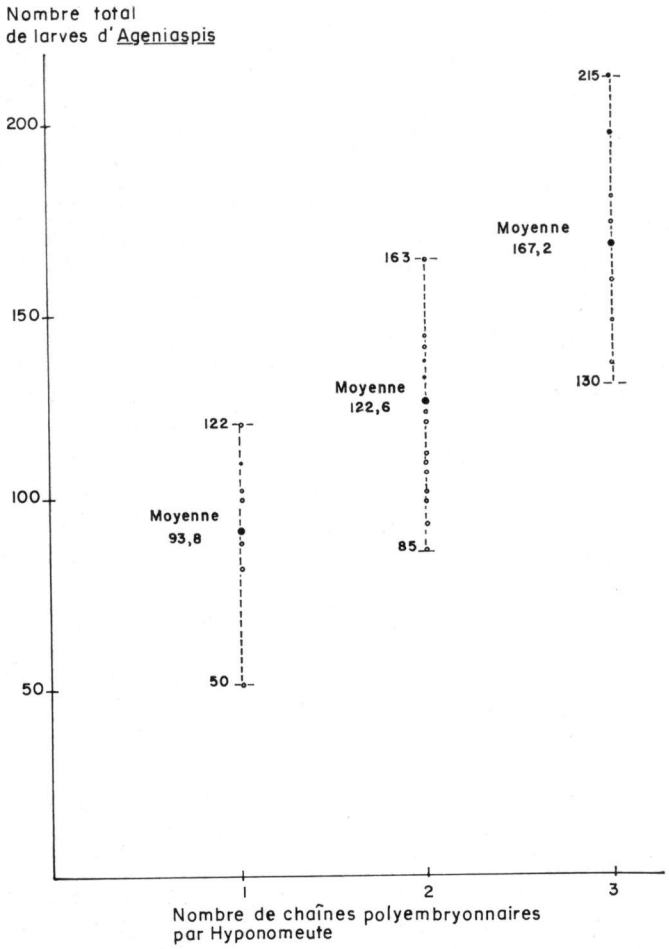


FIG. 8. — *Accroissement expérimental du parasitisme*
Analyse du nombre de larves d'*Ageniaspis* en fonction du nombre de chaînes polyembryonnaires observées dans 30 *Hyponomeuta malinellus*

tanée d'entomophages mâles et femelles à partir d'une seule chenille parasitée bien que l'ensemble des descendants d'un œuf soient tous de même sexe.

Au sein d'une population soumise à un taux élevé de parasitisme, 30 chenilles infestées ont été disséquées au stade où les chaînes polyembryonnaires présentent des larves d'*Ageniaspis*. Les chaînes sont extraites des chenilles, rincées et déroulées sur lame en solution physiologique. Le comptage des individus est effectué soit sur les échantillons *in vivo* dans les meilleurs cas d'observation, soit après fixation au Picroformol de Bouin et coloration au Feulgen-Fast green-Orangé G.

Il devient alors commun de rencontrer, dans une seule chenille, plusieurs complexes polygerminaux sans que leur nombre dépasse 3 par larve infestée (fig. 8). Par ailleurs, ces complexes, et quel que soit leur nombre, présentent toujours des embryons ou des larves parfaitement constitués. Aucune trace de dégénérescence ne se manifeste. Il n'existe pas non plus de compétition entre les individus présents.

Lorsque 2 ou 3 complexes polyembryonnaires se développent simultanément dans un seul hôte, ils présentent selon le cas un nombre de larves sensiblement identique ou très nettement différent — le nombre moyen d'entomophages présents augmente alors, mais non-proportionnellement au nombre de chaînes observé. Par ailleurs, un complexe voisinant avec d'autres peut contenir plus d'individus qu'un complexe unique contenu dans une chenille.

Signalons que dans ce cas, nous avons observé au sein de chenilles provenant d'une même ooplaque des variations dans le stade de développement des *Ageniaspis* ; ainsi il a été fréquemment rencontré le même jour des individus au stade de l'embryogénèse alors que d'autres chenilles contenaient des complexes enfermant des larves.

Une observation plus étonnante a été faite dans le cas de coexistence de plusieurs chaînes dans une unique chenille ; des différences très nettes dans les stades de développement peuvent exister entre deux complexes polygerminaux bien qu'ils soient plongés dans le même milieu soumis aux mêmes conditions; c'est généralement alors le complexe le plus avancé dans son développement qui présente le plus grand nombre d'individus.

III. — ANALYSE DES FACTEURS LIMITANT LA PROLIFÉRATION DU PARASITE

Comme nous l'avons signalé précédemment, les phases précoces du développement d'*Ageniaspis* aboutissant à la formation des complexes polygerminaux se déroulent sans aucune dégénérescence quelque soit le nombre d'individus. Il en est rigoureusement de même au cours de la vie embryonnaire et larvaire pendant laquelle le développement du parasite est largement dépendant de l'endocrinologie de son hôte (NÉNON, 1972 *a*, *b*).

Aussi avons-nous été frappés par le grand nombre d'individus contenus dans les cordons polyembryonnaires et le peu d'adultes apparaissant parfois. JUNNIKALA (1960) signale qu'un lot de 100 chenilles momifiées a permis l'éclosion de 7 307 individus tandis que la dissection des dépouilles larvaires faisait apparaître en outre un total de 899 individus morts au stade des nymphes ou même des adultes parfaits. Par ailleurs le maintien endémique de foyers d'Hyponomeutes pourtant atteints de parasitisme semble incompatible avec la potentialité de multiplication d'*Ageniaspis fuscicollis*.

Nous avons donc recherché les causes capables de s'opposer à l'extension de l'entomophage.

A. — *Mortalité au cours du stade nymphal*

Rôle de l'hygrométrie et de la température sur la fin du développement d'Ageniaspis fuscicollis.

1. *Résultats globaux* (tabl. 3).

Dans une population de chenilles d'*H. mahalebellus* parasitées, 15 lots sont constitués. Au cours de cette expérience, les chenilles momifiées, contenues dans leur cocon de nymphose, renferment des nymphes du parasite dont l'âge peut être estimé à 7 à 8 jours.

TABLEAU 3

*Rôle de l'hygrométrie et de la température sur l'émergence d'*Ageniaspis

Hygrométrie		Température (°C) 15°	20°	25°	30°	35°
20-40 % HR		3 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles
	Émergés	35	357	386	11	morts
	Morts	490	91	63	208	
	Total	525	448	449	219	
	Émergence (%)	6,6	79,6	85,9	5,0	
50-70 % HR		4 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles
	Émergés	45	752	352	103	morts
	Morts	488	11	15	183	
	Total	533	583	367	286	
	Émergence (%)	8,4	98,1	95,9	36,0	
80-100 % HR		3 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles	5 chenilles
	Émergés	morts	92	58	13	morts
	Morts		438	463	419	
	Total		530	521	432	
	Émergence (%)		17,3	11,8	3,0	

Les chenilles sont placées en étuves à 5 températures différentes (15, 20, 25, 30 et 35°C) et 3 degrés hygrométriques différents (20-40 p. 100 HR : sécheresse ; 50-70 p. 100 HR : humidité normale ; 80-100 p. 100 HR : saturation).

Il apparaît que l'optimum d'émergence se situe, en conditions constantes à 20°C sous une hygrométrie de 50-70 p. 100 HR mais il existe une large plage entourée sur le tableau 3 où l'émergence se produit avec un succès élevé allant de 98,1 à 79,6 p. 100. Cette plage exclut les conditions d'humidité élevée et ce facteur apparaît dès lors comme capital.

2. *Exposition momentanée des nymphes à un taux hygrométrique très bas ou élevé.*

Des lots de chenilles d'*H. cognatellus* récemment momifiées sont exposés durant 48, 72 et 96 heures, à la température constante de 20°C, d'une part à une hygrométrie de sécheresse (20-40 p. 100 HR) et d'autre part, à une hygrométrie proche de la saturation. Les chenilles à l'issue des délais indiqués sont ramenées en conditions de laboratoire jusqu'à l'éclosion des parasites.

Le tableau 4 fait apparaître une décroissance progressive du taux d'émergence à mesure que se prolonge l'exposition à ces conditions défavorables. Cependant, la résistance des nymphes est bien supérieure en conditions de sécheresse plutôt qu'en atmosphère humide. En effet, les nymphes d'*Ageniaspis* soumises à une atmosphère de saturation — correspondant à celle des jours de pluie — durant 4 jours sont décimées à plus de 75 p. 100 or, en région champenoise, de telles conditions climatiques ne sont nullement exceptionnelles et la faible résistance des nymphes vis-à-vis d'un taux hygrométrique élevé apparaît donc finalement comme le facteur essentiel de limitation des populations, en dehors d'une éventuelle prédation subie par le parasite lui-même.

TABLEAU 4

*Rôle d'un choc hygrométrique sur la survie et l'émergence d'*Ageniaspis fuscicollis

Durée d'exposition		48 heures				72 heures				96 heures			
	Échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20-40 % HR	Émergés	225	130	128	90	139	97	141	106	128	96	152	111
	Morts	12	13	39	11	33	22	17	21	21	31	18	31
	Total	237	143	167	101	172	119	158	127	149	127	170	142
	Émergence (%)	94,9	90,9	76,6	89,1	80,8	81,5	89,2	83,4	85,9	75,5	89,4	88,1
		% $\frac{573}{648}$ = 88,4				% $\frac{483}{576}$ = 83,8				% $\frac{487}{588}$ = 82,8			
80-100 % HR	Émergés	98	143	88	100	39	143	108	96	33	46	28	17
	Morts	5	32	9	21	57	52	34	47	84	133	32	152
	Total	103	177	97	121	96	195	142	143	117	179	60	169
	Émergence (%)	95,1	81,7	90,7	82,6	40,6	74,4	76,0	67,1	28,2	25,6	46,6	10,0
		% $\frac{429}{498}$ = 86,1				% $\frac{386}{576}$ = 67,0				% $\frac{124}{525}$ = 23,6			

3. *Hygrométrie et température minimale d'émergence.*

A la température constante de 15°C, le taux d'émergence de l'Encyrtidé, nul sous atmosphère saturée, ne dépasse par 8,4 p. 100 sous une humidité normale, or les adultes contenus dans les chenilles survivent néanmoins pendant 45 jours environ sans pouvoir toutefois quitter leur hôte à cause de leur inanition.

Des chenilles momifiées maintenues à 15°C pendant 15 jours sous 3 degrés hygrométriques différents ont été ramenées à 18°C en hygrométrie normale.

Dans ce cas, l'émergence générale se produit pour tous les échantillons au bout de 24 à 48 heures avec le succès suivant :

Conditions d'hygrométrie (15 jours)	20-40 % HR	50-70 % HR	80-100 % HR
Émergés	53	242	12
Morts	185	56	294
Total	238	298	306
P. 100 d'émergence	22,2	81,2	4

Il apparaît donc que la température minimale d'émergence d'*Ageniaspis* se situe à 18°C et ces résultats prouvent une nouvelle fois le rôle néfaste d'une hygrométrie élevée sur l'insecte.

B. — *Difficultés d'émergence des adultes*

1. *Rôle du cocon de nymphose des Hyponomeutes sur l'émergence des Ageniaspis.*

La récolte de nombreux échantillonnages de chenilles parasitées fournit d'une part des larves momifiées à l'intérieur de leur cocon de nymphose tissé juste avant la mort et d'autre part des chenilles nues.

Nous avons donc constitué au laboratoire deux lots de 10 chenilles chacun d'*H. cognatellus* (chenilles nues et chenilles dans le cocon) ayant évolué dans la nature. Chaque chenille a été isolée en fiole de verre et les *Ageniaspis* émergés ainsi que ceux restés prisonniers et morts dans leur hôte ont été dénombrés.

Le tableau 5 rend compte des comptages effectués.

TABLEAU 5

*Rôle du cocon de nymphose d'*H. cognatellus *sur l'émergence d'*Ageniaspis fuscicollis

	Échantillons n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Moyenne
Chenilles nues	Individus émergés	123	191	110	107	157	202	156	206	121	130	1 503	150,3
	Nymphes mortes ..	29	4	5	—	—	—	—	—	3	13	54	5,4
	Adultes morts	26	19	2	2	4	18	9	2	2	10	94	9,4
	Total	178	214	117	109	161	230	165	208	126	153	1 661	166,1
	Émergence (%) ...	69	89	94	98	97	87	94	99	96	84		90
Chenilles dans le cocon	Individus émergés	100	33	94	161	46	67	0	39	172	164	876	87,6
	Adultes morts	2	22	7	6	2	2	49	8	11	4	113	11,3
	Total	102	55	101	167	48	69	49	47	183	168	989	98,9
	Émergence (%) ...	98	60	93	96	95	97	0	82	93	97		88

Dans le cas des chenilles nues, nous avons trouvé en petit nombre, outre des adultes parfaitement normaux mais morts, quelques nymphes désséchées. Dans les chenilles ayant filé leur cocon, seuls des adultes ont été trouvés morts.

Pour les deux lots constitués, les pourcentages d'émergence des adultes par rapport au nombre des individus existants sont élevés et sensiblement égaux : 90 p. 100 et 88 p. 100. Cependant dans le cas des « chenilles nues » le nombre moyen des parasites est très élevé (166) alors que ce nombre diminue fortement (98,9) pour les nymphes dans le cocon.

L'émergence se produit avec le même rendement, aussi bien pour les chenilles dans le cocon que pour celles mortes avant le tissage du cocon et qui sont les plus parasitées. Sous l'action du parasite elles n'ont pu filer leur cocon et sont mortes au cours de leur dernier stade larvaire.

Dans la pratique, cette observation permet de reconnaître aisément les hôtes les plus parasités.

2. *Rôle de la situation des chenilles dans les tissages collectifs de nymphose sur l'émergence.*

H. malinellus mène une vie de groupe tout au long de son cycle et notamment au cours de la nymphose. Les individus filent individuellement leurs cocons mais ceux-ci se trouvent étroitement accolés. Au sein de tels amas, les chenilles parasitées, nues ou entourées du cocon sont repérables au toucher à leur consistance dure et cassante.

10 chenilles momifiées, au sein de tissages collectifs ont été repérées. Dès l'émergence des papillons, les amas ont été isolés pour suivre alors celle des Chalcidiens.

TABLEAU 6

*Rôle de la localisation des chenilles momifiées dans le cas du tissage collectif des cocons d'*H. malinellus *sur l'émergence des* Ageniaspis

Échantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Moyenne
Individus émergés .	57	31	9	27	10	40	34	52	44	7	311	31,1
Adultes morts	21	14	39	28	43	67	19	28	78	60	397	39,7
Total	78	45	48	55	53	107	53	80	122	67	708	70,8
Émergence (%)	73,0	68,8	18,7	49,0	18,8	37,3	64,1	65,0	36,0	11,6		43,9
	Périphérie du tissage collectif $\% = \frac{124}{226} = 54,8$				Centre du tissage collectif $\% = \frac{187}{482} = 38,7$							

Le tableau 6 donne les résultats obtenus qui témoignent de la mort de nombreux individus n'ayant pu se libérer de leur propre « puparium », de l'enveloppe chitineuse que constitue la momie, du cocon qui l'enveloppe très souvent, et enfin du tissage collectif. Ainsi, l'émergence ne s'est produite qu'avec un succès moyen, dans les cas les plus défavorables (échantillons 5 à 10), de 38,7 p. 100 d'éclosions.

CONCLUSION

Par son mode de reproduction, *Ageniaspis fuscicollis*, entomophage spécifique des Hyponomeutes, présente parmi les Hyménoptères polyembryonnaires le taux le plus élevé de multiplication immédiatement après *Litomastix truncatellus* dont un seul œuf peut engendrer 1 200 descendants (SILVESTRI, 1906).

Nous avons souvent constaté sur des préparations de complexes polyembryonnaires à tous les stades de développement la présence de très nombreux parasites mais cette potentialité élevée de multiplication se trouve tempérée par des facteurs externes capables de réduire les populations prêtes à éclore diminuant ainsi fortement l'action parasitaire toujours bénéfique qui paraissait prévisible.

Ainsi, la combinaison de conditions climatiques défavorables et de difficultés d'émergence peut largement décimer, voire anéantir, une génération de l'entomophage dont le cycle s'effectue en un an.

Cependant le potentiel élevé de multiplication d'*Ageniaspis fuscicollis* constitue un attrait certain en vue de son utilisation en lutte biologique contre l'Hyponomeute, préférable à l'intervention chimique au cours de laquelle les insecticides généralement utilisés exterminent les espèces entomophages (BILIOTTI, 1972 *a* et *b* ; BILIOTTI et VENTURA, 1950) dont la disparition peut se répercuter de façon indésirable sur les populations d'Acariens (CHABOUSSOU, 1961).

En vue d'une telle intervention, plusieurs précautions devraient être respectées.

1. — *Élevage des chenilles en fin de vie larvaire*

A défaut de pouvoir être élevés actuellement sur milieu artificiel et afin de réduire les manipulations, les Hyponomeutes doivent être récoltés au cours de leur cinquième et dernier stade larvaire et mis en élevage sur leur végétal hôte au laboratoire. La surveillance qu'exige un tel élevage cesse dès la momification des chenilles lesquelles sont immédiatement isolées des nymphes d'Hyponomeutes. La période d'élevage peut donc se réduire à une dizaine de jours.

2. — *Lâcher des entomophages : survie et transport*

L'apport des parasites dans les vergers à traiter ne peut se réaliser qu'à l'état adulte afin que soient préservés les stades ultimes et critiques du développement dont nous venons de montrer la vulnérabilité aux facteurs externes.

Les insectes éclos au laboratoire peuvent être maintenus en vie de façon satisfaisante en présence d'eau et de miel d'acacia sous photopériode naturelle, ce qui permet d'attendre éventuellement les conditions météorologiques optimum pour procéder aux lâchers.

Au cours de l'élevage ou du transport, les insectes fortement phototropes manifestent une constante tendance à se regrouper ; il arrive alors que se créent des zones de densité incompatibles avec leur survie. Un tel inconvénient est facilement pallié en disposant dans les boîtes de transport de la frisure assurant une densité homogène de peuplement (BENASSY, 1971).

3. — *Pratiques culturales*

Le maintien des haies et des formes sauvages de la végétation compatibles avec l'arboriculture constituant des stations d'accueil se révèle bénéfique tant sur la survie que sur la fécondité d'*Ageniaspis*. Par ailleurs, la taille des arbres, et de la couronne notamment, a pour résultat, par l'éclaircissement qu'elle procure, de favoriser l'action parasitaire de l'entomophage (SYTENKO, 1962).

Cependant l'utilisation de tout entomophage ne doit pas se borner, pour se réaliser avec la meilleure efficacité, à un enrichissement artificiel d'une biocénose. En plus des manipulations et aménagements du milieu, en vue de la lutte biologique, il convient encore de préserver l'équilibre biologique fondamental du milieu (JOURDHEUIL, 1972).

4. — *Coexistence d'espèces d'Hyponomeutes neutres pour l'arboriculture*

Les conditions climatiques affectant les populations d'*Ageniaspis* en voie d'émergence se révèlent moins dommageables pour les Hyponomeutes qui tout au plus voient leur propre émergence retardée, ce qui a pour conséquence de laisser alors échapper la presque totalité des pontes au parasitisme exercé par les rares *Ageniaspis* éclos.

La présence de plusieurs espèces d'Hyponomeutes inoffensives pour l'arboriculture notamment *H. mahalebellus* peut constituer un moyen capable de remédier partiellement à l'anéantissement ou la réduction du nombre des parasites s'étant développés dans *H. malinellus*. La plantation de cerisiers de Sainte-Lucie apparaît alors comme un facteur favorable à la prolifération d'*Ageniaspis fuscicollis* dont la variété méditerranéenne (parthénogénétique thélytoque, à taux polyembryonnaire peu élevé) *A. f. praysincola* élevée sur hôtes de remplacement (ARAMBOURG, PRALAVORIO, CHABOT, 1970) en milieu artificiel (PRALAVORIO, ARAMBOURG, GUENNELON, 1974) fait l'objet par ailleurs de recherches en vue de la lutte biologique contre un autre *Hyponomeutidae* : la teigne de l'olivier, *Prays oleae*.

Reçu pour publication en février 1974.

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement M. DE MEIRLEIRE et M. LHOMME, ingénieurs des Travaux agricoles au Service de Protection des Végétaux à Reims pour l'aide très efficace qu'ils ont bien voulu m'apporter dans la recherche et la récolte du matériel.

SUMMARY

NATURAL AND EXPERIMENTAL PARASITISM
OF THE GENUS *HYPONOMEUTA* LATR. (*LEPIDOPTERA*)
BY THE POLYEMBRYONIC ENTOMOPHAGE *AGENIASPIS FUSCICOLLIS* DALM.
(*HYMENOPTERA, CHALCIDOIDEA*)

The genus *Hyponomeuta* LATR. is well represented in the Champagne-Ardenne area by four of its species : *H. malinellus* ZELL., *H. padellus* L., *H. cognatellus* HUBN and *H. mahalebellus* GUEN.

This report is concerned with determining the role played by the Chalcidien Encyrtide *Ageniaspis fuscicollis* DALM. in limiting the populations of the four species of Lepidoptera mentioned, in the natural conditions of parasitism whose growth potential is examined by experiment.

During the development of the entomophage the larval and embryonic stages do not undergo any degeneration whereas on the contrary the nymphalid and pre-imaginal stages shew themselves as move fragile after the death of the host. In another connection a certain number of imago do not manage to emerge.

The life expectation thus demonstrated appears to comporsate for the potentially very high reproduction rate of *Ageniaspis fuscicollis*, in connection with the phenomenon of polyembryony.

RÉRÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGELINI A. *et al.*, 1950. Observations faites au cours du traitement aérien contre l'Hyponomeute. *Parasitica*, **6**, 3, 80-87.

ARAMBOURG Y., PRALAVORIO R., CHABOT B., 1970. Possibilité d'élevage *d'Ageniaspis fuscicollis praysincola* SILV. parasite de *Prays oleae* BERN (Lep. *Hyponomeutidae*) sur un hôte de remplacement. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **2**, 4, 657-658.

BATAILLON E., 1900. Pression osmotique et polyembryonie expérimentale. *C. R. Acad. Sci.*, **130**, 1480-1482.

BEIRNE B. P., 1943. The biology and control of the small Ermine moths (*Hyponomeuta* SP.) in Ireland. *Econ. Proceed. Roy. Dublin. Soc.*, **3**, 191-220.

BILANOVSKIJ I. D., 1938. Zoological factors that limited the increase of the apple moth in the province of Kiev in the years 1934-1936. *Trav. Mus. Zool. Acad. Sci. Ukraine*, 21-22, 153-166.

BENASSY C., 1971. La lutte biologique et son application en arboriculture fruitière. *Pomologie française*, **13**, 1, 9-23.

BERLAND L., 1951, in P. P. GRASSE. *Traité de Zoologie.* tome X. Hyménoptéroïdes, Reproduction 821-843, Éd. Masson et Cie, Paris.

BILIOTTI E., 1972 *a*. Vers une protection des cultures sans pollution. *Regards sur la France, 25e anniversaire de l'I. N. R. A.*, mars 1972, 317-327.

BILIOTTI E., 1972 *b*. Effets des traitements pesticides sur la faune et la flore. *Journée d'Étude et d'Information sur les incidences des traitements chimiques des cultures sur la faune*, C. N. R. A., Versailles, 23-3-192, 20-30.

BILIOTTI E., VENTURA E., 1950. Effets de traitements aux insecticides organiques de synthèse sur certaines populations de prédateurs auxiliaires . les Coccinellides. *C. R. Acad. Agric.*, **36**, 725-728.

BOGAVAC M., 1964. Role of parasites in the reduction of the small Ermine moth *Hyponomeuta malinellus* ZELL. *Plant Protection* (Beograd), **76**, 643-648.

BUGNION E., 1891. Recherches sur le développement postembryonnaire, l'anatomie et les mœurs de l'*Encyrtus fuscicollis*. *Rec. Zool. Suisse*, **5**, 435-534.

CHABOUSSOU F., 1961. Influence des méthodes culturales sur le développement des Acariens. *Meded. Landbouwh. Opzoek Staat Gent.*, **26**, 1069-1087.

CONSTANTINEANU M. I. *et al.*, 1964. Attaque massive provoquée par *Hyponomeuta mahalebella* GUENEE au bois de Sainte-Lucie (*Prunus mahaleb.* L.) dans le Sud-ouest de la Dobrogea et ses ennemis naturels. *Anal. Stiint. Univ.* « *Al. I. Cuza* » d. *Iasi*, sect. II, St. nat. biol., **10**, 1, 113-120.

DE MEIRLEIRE H., 1962. L'hyponomeute du cerisier de Sainte-Lucie. *Phytoma*, **14**, 42.

DIADECHKO N. P., 1959. Importance des prédateurs et parasites d'*Hyponomeuta malinellus* et *Hyponomeuta padellus* en fonction des traitements chimiques dans les vergers (en russe). Nauchn. Trudii, Ukrainskii Nauchn. *Issled. Ins . Zasch, Rast.*, **8**, 199-204.

DUMONT C., 1928. Expérience sur la modification du régime alimentaire des Hyponomeutes. *Bull. Soc. ent. Fr.*, **33**, 211-213.

FERRIÈRE Ch., 1953. Observation sur les parasites de l'Hyponomeute du pommier (*Hyponomeuta padella malinella*). *Schweiz. Entomol. Gesell. Mitteil.*, **26**, 149-150.

FRIESE G., 1960. Revision der Paläarktischen *Yponomeutidae*. *Beitr. Ent.*, **10**, 1-131.

FRIESE G., 1963 *b*. Die Parasiten der Paläarktischen *Yponomeutidae* (*Lepidoptera*) *Hymenoptera, Diptera*. *Beitr. Ent.*, **13**, 311-326.

GAUMONT L., 1923. Les chenilles fileuses ou Hyponomeutes du pommier et leurs parasites dans le Gâtinais pendant l'été 1923. *Rev. path. vég. entomol. agric.*, **10**, 326-331.

GOUREAU, 1847. Note pour servir à l'histoire de l'*Hyponomeuta padella* et à celle de ses parasites. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 239-244.

JOURDHEUIL P., 1972. Les Insectes entomophages en lutte biologique. *Agri Sept.* nº 383, 2 p.

JUNNIKALA E., 1960. Life History and Insect enemies of *Hyponomeuta malinellus* ZELL (Lep, *Hyponomeutidae*) in Finland. *Ann. Soc. Zool.* « *Vanamo* », **21**, 1-44.

KARABAEVA R. P., ROMANENKO K. E., 1962. Entomophages of *Hyponomeuta malinella* and *H. padella* in fruit stands of southern Kirghizia and ways of utilizing them (en russe). *Vsesoyunzn. Ent. Obshch. Kirghizskoe Otd. Sborn. Ent. Rabot*, **1**, 10-26.

KORNHAUSER S. J., 1919. *Aphelopus theliae*, a polyembryonic parasitic Dryinid, its life history and habits. *Journ. Morphol.*, **32**, 547-554.

KOT J., 1964. Experiments on the use of parasitic *Hymenoptera* for the control of *Hyponomeuta malinellus* (Lep. *Hyponomeutidae*) (en polonais). *Polskie Pismo Entomol.*, série B, **3-4** (35-36), 270-280.

MARCHAL P., 1898. La dissociation de l'œuf en un grand nombre d'individus distincts et le cycle évolutif chez l'*Encyrtus fuscicollis* (Hyménoptère). *C. R. Acad. Sci.*, séance du 28 février.

MARCHAL P., 1899. Comparaison entre les Hyménoptères parasites à développement polyembryonnaire et ceux à développement monoembryonnaire. *C. R. Soc. Biol.*, II^e série, **1**, 711-713.

MARCHAL P., 1904. Recherches sur la biologie et le développement des Hyménoptères parasites. I. Polyembryonie spécifique ou germinogonie. *Arch. Zool. exp. gen.*, 1904, 4^e série, **11**, 257-335.

MARTIN F., 1914. Zur Entwicklungsgeschichte des polyembryonalen Chalciden *Ageniaspis* (*Encyrtus*) *fuscicollis*. DALM. *Zeit,. wiss. Zool.*, **110**, 419-479.

MARTOURET D., 1966. In BALACHOWSKY A. S. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Tome II, vol. 1 ; sous-famille des *Hyponomeutinae*, Éd. Masson et Cie, Paris, 102-180.

NÉNON J. P., 1972 *a*. Culture *in vitro* des embryons d'un Hyménoptère endoparasite *Ageniaspis fuscicollis* (= *Encyrtus fuscicollis*). Rôle des hormones de synthèse. *C. R. Acad. Sci.*, D, **274**, 3299-3302.

NÉNON J. P., 1972 *b*. Culture *in vitro* des larves d'un Hyménoptère endoparasite *Ageniaspis fuscicollis*. Rôle des hormones de synthèse. *C. R. Acad. Sci.*, D, **274**, 3409-3412.

NÉNON J. P., 1974. Nouvelles données sur la polyembryonie de l'entomophage *Ageniaspis fuscicollis* DALM. (Hyménoptère, Chalcidien). *Ann. Embryol. Morphog.* (sous presse).

NÉNON J. P., DE MEIRLEIRE H., 1972. L'hyponomeute du pommier et son parasite *Encyrtus fuscicollis*. *Phytoma*, **240**, 24-26.

PAG H., 1959. *Hyponomeuta* Arten als Schädlinge im Obstbau. *Z. angew Zool.*, **46**, 129-189.

PETROV A. I., 1954. The ways and possibilities of utilizing chalcid *Ageniaspis fuscicollis* for biological control of the apple moth *Hyponomeuta malinella* (en russe). *Kazak. Rep. Stat. Zasch. Rasten., Trudy*, **2**, 151-163.

PETROV A. I., 1964. Parasites et prédateurs de *Hyponomeuta malinellus* (*Ageniaspis fuscicollis*) (en russe). *Zashch. Rast.*, **11**, 25-26.

PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y., GUENNELON G., 1973. Essai de mise au point d'un élevage permanent d'*Acrolepia assectella* ZELL. (*Lepidoptera, Hyponomeutidae*) sur milieu artificiel. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **5**, 569-580.

SILVESTRI F., 1906. Contribuzioni alla conoscenza biologica degli Imenotteri parasiti. I. Biologia del *Litomastix truncatellus*. *Ann. R. Scuol. Ag. Portici.*, **6**, 1-50.

SYTENKO L. S., 1962. Biologie d'*Ageniaspis fuscicollis* DALM. et moyens pour augmenter son efficacité dans les régions littorales (en russe). Méthodes biologiques de lutte contre les ennemis des plantes cultivées, 114-137.

THORPE W. H., 1930. The natural control of *Hyponomeuta padellus* L. *J. Linn. Soc. London*, **36**, 489-492.

TROUVELOT B., ARNOUX J., MARTOURET D., 1954. Quatre années de recherches sur les ennemis du pommier à cidre en Normandie. *C. R. Acad. Agric.*, **40**, 74, 471-474.

VACLAV V., 1958. Importance of parasites on reducing numeroussness of populations of *Hyponomeuta malinella* ZELL and *H. padellus* L. in Bosnia and Herzegovina (en serbe). *Plant Protection* (Beograd), **49-50**, 113-119.

VOUKASSOVITCH P., 1927. Observations sur les parasites et hyperparasites de *Hyponomeuta malinellus* ZELL. *C. R. Soc. Biol.*, **96**, 170-172.

VOUKASSOVITCH P., 1929. Observations sur le complexe biologique d'*Hyponomeuta malinellus* ZELL et de ses parasites et hyperparasites. *XIV^e Congrès Intern. Agric., Bucarest.*, 6 p.

VOUKASSOVITCH P., 1933. Contribution à l'étude des parasites et hyperparasites d'*Hyponomeuta malinellus* ZELL. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **31**, 108-120, 137-145, 153-160, 174-183.

WIEGAND H., 1962. Die deutschen Arten der Gattung *Yponomeuta* LATR. Eine Kritik der larval und genitalmorphologischen Arbeiten nach sonstigen morphologischen und bionomischen Merkmalen. *Tagunsgber* 45, *Deuts. Akad. Landw. Berlin*, 101-120.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 407-422.

ACTION D'UN ANALOGUE DE L'HORMONE JUVÉNILE SUR LA BIOLOGIE DE *TINEOLA BISSELLIELLA* HUMM.

B. MAUCHAMP

Laboratoire de Zoologie et d'Entomologie,
Institut national agronomique, Paris-Grignon,
78850 Thiverval Grignon

RÉSUMÉ

L'analogue de l'hormone juvénile employé a été mélangé au substrat alimentaire afin d'évaluer son action sur le développement larvaire et sur le potentiel reproducteur de la mite des vêtements *Tineola bisselliella* HUMM. Deux types de substrats alimentaires ont été employés en raison de la différence de comportement de la mite sur chacun d'eux. Le traitement a été réalisé avec trois concentrations 10, 100 et 500 p.p.m. et ce à deux périodes différentes : larves de premier stade et larves de quatrième stade. Nous constatons soit un arrêt du développement, soit des malformations à différents niveaux et un abaissement du potentiel reproducteur.

I. — INTRODUCTION

L'action des analogues de l'hormone juvénile sur le développement des Insectes fait l'objet de nombreux sujets de recherche. En effet SCHMIALECK, 1961, signale les propriétés juvénilisantes du farnésol et de ses dérivés. Tant que la nature exacte de l'hormone juvénile n'était pas connue avec certitude il n'était pas possible de différencier les analogues de l'hormone elle-même. C'est ROLLER et coll. (1965 *a*, *b*) qui obtiennent les premiers extraits d'hormone juvénile pure. Simultanément WILLIAMS et LAW (1965) entreprennent des recherches identiques en vue d'isoler l'hormone. Après avoir obtenu l'hormone à l'état pur, RÖLLER et coll. (1967) parviennent à définir la nature chimique exacte de celle-ci. Il devenait alors possible de faire la part de l'hormone et celle de ses analogues. Dès lors de nombreuses équipes de chercheurs entre autres isolent ou synthétisent un grand nombre de substances à action mimétique WAKABAYASHI *et al.* (1971).

La synthèse et le mode d'action de toutes ces substances ont laissé entrevoir des perspectives nouvelles en ce qui concerne les méthodes de lutte contre les Insectes.

WILLIAMS (1956, 1967) à l'Université de Harvard préconise l'emploi de telles substances comme insecticide. De nombreuses compagnies américaines puis européennes ont investi d'importants capitaux dans ce domaine de recherche appliquée.

La plupart des résultats concernant l'action des analogues de l'hormone juvénile proviennent d'applications ponctuelles avec ou sans abrasion, ou d'injections dans la cavité générale (WIGGLESWORTH, 1958). Certains analogues agissent également par contact (WILLIAMS et SLAMÀ, 1966).

Dans le travail que nous avons réalisé nous avons incorporé l'analogue dans le milieu nutritif en solution acétonique. Les essais ont été entrepris pour évaluer l'action de l'analogue sur le développement larvaire et la répercussion éventuelle sur le potentiel de reproduction.

II. — TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES ET MATÉRIEL UTILISÉ

Pour effectuer cette série d'expérimentations le choix de l'insecte avait une grande importance. Nous avons de ce fait pris un insecte dont le nombre de stades larvaires dans des conditions d'élevage fixées est constant mais qui a la possibilité de donner des stades surnuméraires dans d'autres conditions. La mite des vêtements répond à ces deux préoccupations.

Dans les conditions d'élevage retenues, 25°C et 65 p. 100 HR, avec une nourriture abondante, le nombre de stades larvaires est de cinq. Il est important de constater que l'aération du local où a lieu l'élevage joue un grand rôle.

Les larves sont élevées sur deux types de milieux : l'un est constitué d'une rondelle de gabardine imprégnée d'un bouillon gras additionné de cholestérol et de levure diététique alors que l'autre est un milieu semi-artificiel en poudre préconisé par FRAENKEL et BLEWETT (1945).

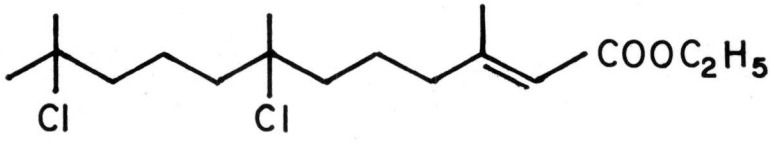
Pour effectuer les essais nous avons constitué des lots de quatre larves dans des boîtes métalliques de 46 mm de diamètre et de 15 mm de hauteur. Ces larves avaient à leur disposition 0,4 g de nourriture ce qui constitue un net excès. Chaque lot comprend cinq boîtes et l'essai est répété à des dates différentes au cours de l'année. Le traitement est d'autre part entrepris sur deux lots de larves d'âge différent : l'un sur lequel l'application de l'analogue a lieu dès le premier stade, le second sur lequel le traitement n'est fait qu'à partir du quatrième stade.

L'examen des larves est fait tous les jours. La présence d'un fourreau ne gène en rien l'observation des périodes de mue, car la larve rejette à l'extérieur tout élément grossier et en particulier les capsules céphaliques. Lors de la nymphose la larve s'enferme dans un cocon formé extérieurement d'éléments grossiers tels que fèces et particules du milieu. En éliminant ces éléments grossiers il est possible, à travers le fin fourreau de soie, de distinguer par transparence la nymphe qui rapidement prend une coloration jaune paille, alors que la larve est blanche.

Les cocons sont isolés et mis dans des boîtes individuelles pour ne pas mélanger les individus lors de l'émergence. Il sera alors possible de constituer des couples avec des adultes ayant subi le même traitement.

Les pontes effectuées sur des fragments de gabardine de un centimètre carré sont recueillies tous les jours et comptées à la loupe binoculaire. Ces fragments sont mis à incuber en étuve en vue de dénombrer les larves écloses.

L'analogue choisi pour faire cette série d'essais est l'éthyl-*trans*-7-11-dichloro-3-7-11-triméthyl 2-dodeecenoate (obligeamment fourni par Hoffman-La Roche, Bâle).



Trois concentrations ont été employées : 10-100-500 p.p.m.

III. — RÉSULTATS

Les résultats de ces traitements sont à séparer en deux ensembles : ceux concernant le développement larvaire et ceux relatifs au potentiel de reproduction.

A. — *Incidence du traitement sur le développement larvaire*

a) *Application dès le premier stade.*

Compte tenu des deux modes d'alimentation des larves (sur tissu et sur milieu en poudre) nous dissocierons dans un premier temps les résultats.

Dans les lots témoins la durée des stades larvaires présente une légère différence suivant le milieu sur lequel a eu lieu l'élevage : sur tissu le développement jusqu'à l'émergence est de soixante-quatre jours alors que sur milieu en poudre il n'est en moyenne que de cinquante-cinq jours. Je pense que cette différence de durée du développement, qui traduit une modification de la durée de chacun des stades, et non une modification du nombre de ceux-ci, résulte d'une variation dans la modalité de prise de nourriture.

Cas des larves élevées sur tissu imprégné.

L'analogue est déposé sur le tissu en solution acétonique. Les larves néonates sont transférées sur ce tissu immédiatement après éclosion. Aux concentrations de 10 et 100 p.p.m. (tabl. 1 et fig. 1 *a*) nous constatons un allongement de la durée moyenne des stades larvaires et nymphal qui se traduit par une augmentation globale d'environ 15 et 40 jours.

Émergent alors des adultes qui présentent un certain nombre d'anomalies morphologiques. La nature et le pourcentage de ces malformations sont proportionnels à la concentration de l'analogue. Nous ne donnerons dans le tableau 2 que les résultats portant sur une série d'essais, sachant que l'on retrouve sensiblement les mêmes

TABLEAU 1

Résultats du traitement d'une série d'essai dont les larves ont été élevées sur tissu imprégné. L'application a été faite dès le premier stade

Tissu imprégné	Durée des stades larvaires en jours						Total en jours
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	N	
Témoin	8	10	12	15	9	10*	64
Traités 10 p.p.m.	8	11	15	16	15	12*	77
Traités 100 p.p.m.	10	12	17	20	25	15*	99
Traités 500 p.p.m.	10	11	20	25	30		96

* Compté au jour où la larve est enfermée dans son cocon.

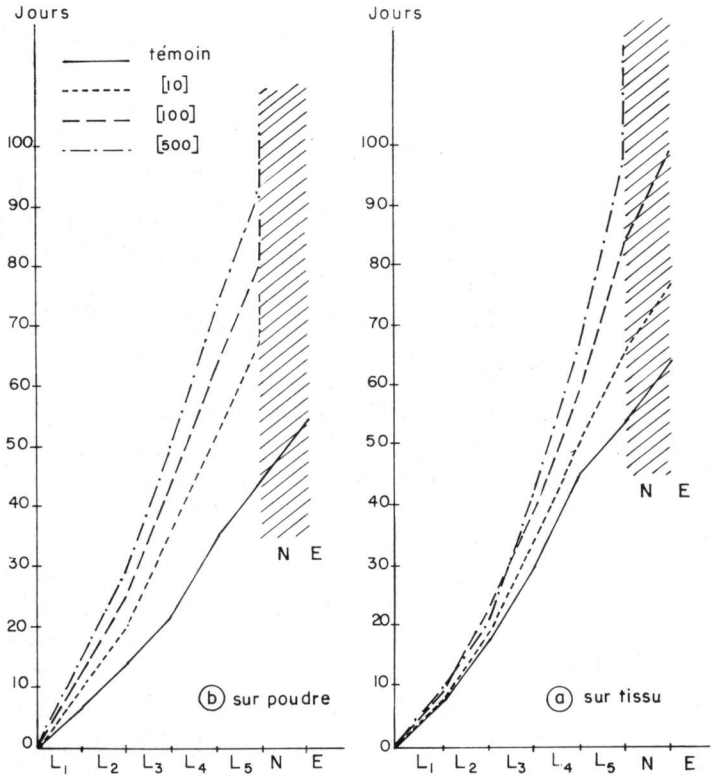


FIG. 1. — *Résultats moyens de l'action de l'analogue sur le développement post-embryonnaire de* T. bisselliella. *Le traitement est fait à partir du premier stade*

N : période de nymphose
E : émergence

TABLEAU 2

Incidence du traitement sur la morphologie des adultes.
Proportion d'animaux présentant des anomalies sur le total observé

Concentrations	10 p.p.m.						100 p.p.m.					
N° des essais	6	7	8	9	10	%	11	12	13	14	15	%
Anomalies :												
émergence incomplète..	1/4	0/4	2/4	0/4	1/4	20	2/4	3/4	2/3	1/4	2/4	50
absence d'antennes	1/3	0/4	1/2	0/4	1/3	18	1/2	1/1	1/1	1/3	1/2	55
absence de pattes	1/3	2/4	0/2	0/4	0/3	18	1/2	1/1	0/1	2/3	0/2	45
absence de palpes	1/3	0/4	0/2	1/4	1/3	18	1/2	0/1	0/1	1/3	1/2	33
malformations des génitalia	0/3	1/4	0/2	1/4	0/3	13	2/2	1/1	1/1	2/3	1/2	66

FIG. 2. — *Témoin. On observe la présence des antennes et des palpes labiaux ; les ailes sont déployées*

FIG. 3. — *Après traitement à 10 p.p.m., on constate l'absence des antennes et des palpes labiaux. On remarque que les ailes ne sont pas bien développées et incomplètement recouvertes d'écailles*

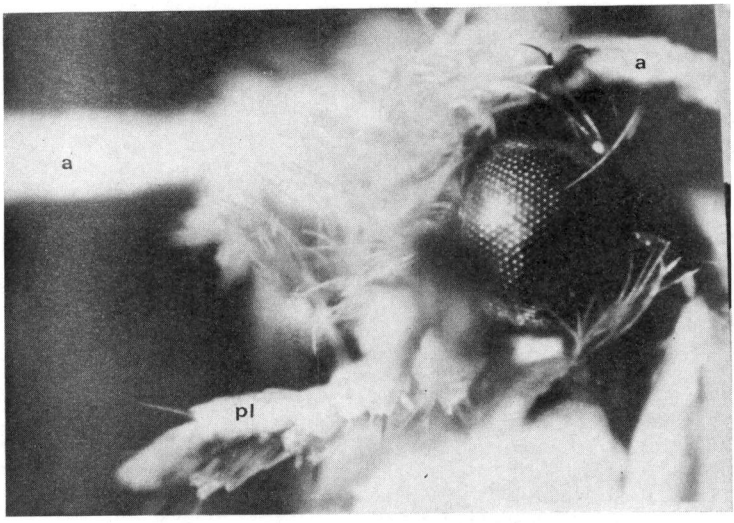


FIG. 4. — *Témoin : photographie de détail montrant la présence de palpes labiaux* pl *et d'antennes* a

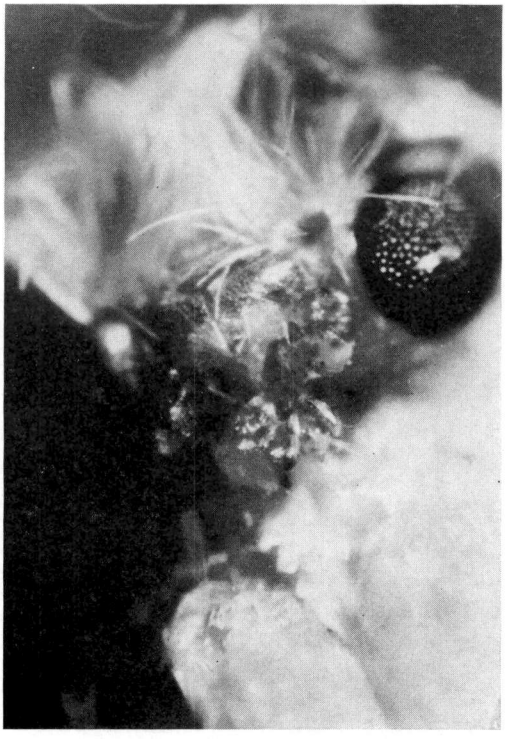


FIG. 5. — *Après traitement à 10 p.p.m. On n'observe que des ébauches d'organes à la place des palpes ; de même les antennes sont absentes*

dans les autres. En numérateur nous avons porté le nombre d'imagos présentant l'anomalie mentionnée ; en dénominateur le nombre d'insectes observés dans l'essai. Dans l'essai n° 6 par exemple, un imago sur quatre a effectué une émergence incomplète ; or cet adulte meurt presque immédiatement ce qui explique que pour les autres anomalies seulement trois individus aient été observés (fig. 2, 3, 4, 5). De telles anomalies ont également été obtenues par OUTRAM (1972) après avoir traité avec des analogues *Choristoneura fumiferana* (Lep. Tortricidae). L'ensemble des résultats est porté dans le tableau 3. Nous constatons qu'à 500 p.p.m. nous n'obtenons pas d'adultes ; il ne se produit pas de nymphose.

TABLEAU 3

Répartition des anomalies observées sur l'ensemble des larves traitées

Traitement	Nbre de nymphes observées	Nbre d'adultes normaux	Anomalies de développement		
			Émergence incomplète	Absence d'organe	Malformation des génitalia
Témoin	300	295	—	—	—
10 p.p.m.	250	80	40	80	35
100 p.p.m.	250	25	115	150	160
500 p.p.m.	—	—	—	—	—

Cas des larves élevées sur milieu en poudre.

L'analogue est également incorporé au milieu en solution acétonique ; nous avons pris soin au préalable de vérifier si la présence de solution acétonique dans le milieu et après évaporation n'avait pas d'incidence sur le développement larvaire de *Tineola bisselliella*.

Dans aucun cas nous n'observons l'émergence des adultes et la formation des nymphes ; aux concentrations de 10, 100 et 500 p.p.m. nous retrouvons les résultats déjà cités pour la concentration de 500 p.p.m. sur tissu (fig. 1 *b* et tabl. 4).

TABLEAU 4

Résultats du traitement sur une série d'essais dont les larves ont été élevées sur milieu en poudre. L'application a été faite dès le premier stade

Milieu en poudre	Durée des stades larvaires en jours						Total en jours
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	N	
Témoin	7	7	8	13	10	10*	55
Traités 10 p.p.m.	10	10	16	17	14		67
Traités 100 p.p.m.	12	14	18	20	16		80
Traités 500 p.p.m.	14	15	21	22	20		92

Nous avons pu observer par transparence, en éliminant les éléments grossiers agglomérés au cocon, puis par la suite en ouvrant ceux-ci, que la nymphose ne se produit pas. Nous trouvons dans ces cas une larve trapue, courte dans un état de « prénymphe » (fig. 6). Ces prénymphes remises sur du milieu non traité et dans des

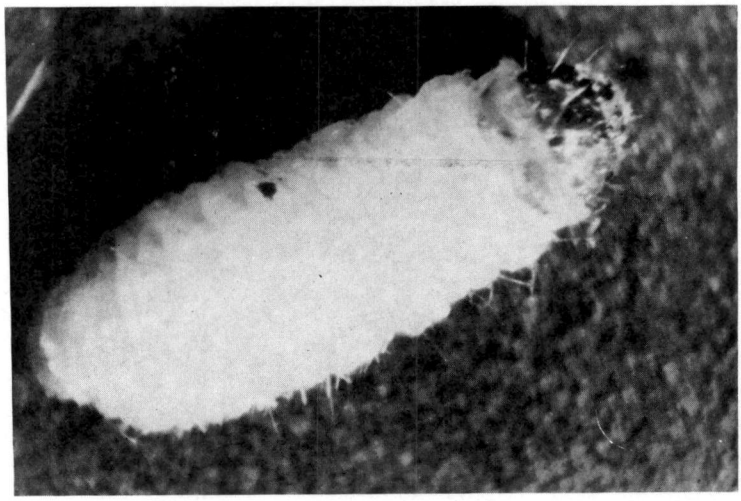


FIG. 6. — *Stade prénymphe obtenu après traitement du milieu en poudre à la concentration de 10 p.p.m.*

conditions favorables ne reprennent pas leur activité et ne se nymphosent pas. Au contraire, au bout d'un temps plus ou moins long, elles dépérissent. La longévité des prénymphes est assez grande et peut atteindre la durée de deux générations de témoins. Les prénymphes ayant survécu le plus longtemps ont dépassé cent cinquante jours (fig. 7).

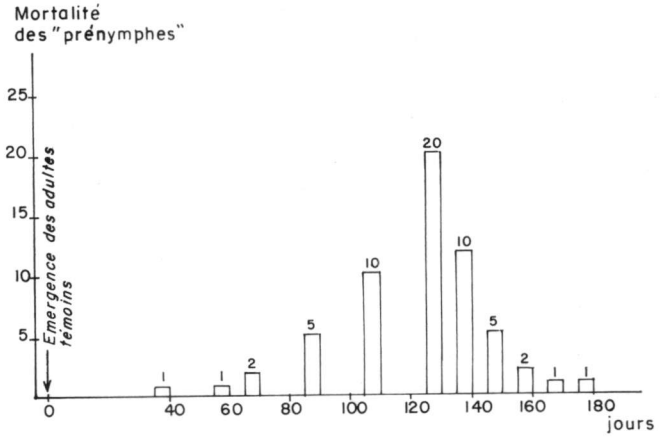


FIG. 7. — *Répartition de la mortalité des « prénymphes » en fonction du temps*

b) *Application à partir du quatrième stade.*

Les larves au quatrième stade sont transférées dans les boîtes contenant le substrat alimentaire traité avec les mêmes concentrations que dans l'essai précédent. L'installation des larves se fait sans difficultés puisque le taux de mortalité n'est pas supérieur à la normale (2 p. 100). Pour une série d'essai les résultats sont reportés dans les tableaux 5 et 6 alors que les résultats moyens de l'ensemble de l'essai sont reportés sur les figures 8 *a*, *b*.

TABLEAU 5

Incidence du traitement sur des larves de quatrième stade élevées sur deux milieux

Sur tissu	Durée des stades larvaires en jours						Total en jours
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	N	
Témoin	8	10	12	15	9	10	64
Traités 10 p.p.m.	8	10	12	15	10	10	65
Traités 100 p.p.m.	8	10	12	16	10	10	66
Traités 500 p.p.m.	8	10	12	17	12	10	69

TABLEAU 6

Applications sur des larves de quatrième stade
Incidence du traitement sur des larves de quatrième stade élevées sur deux milieux

Milieu en poudre	Durée des stades larvaires en jours						Total en jours
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	N	
Témoin	7	7	8	13	10	10	55
Traités 10 p.p.m.	7	7	8	13	12	10	57
Traités 100 p.p.m.	7	7	8	15	12	11	60
Traités 500 p.p.m.	7	7	8	18	14	11	65

Les résultats obtenus dans le cas des essais sur tissu et sur milieu en poudre sont semblables, compte tenu de la légère différence déjà mentionnée. Dans nos conditions d'expérience l'adjonction d'analogue dans le substrat alimentaire ne perturbe que très peu le développement larvaire. Il se produit un léger retard au cours des quatrième et cinquième stades. La nymphose ne subit aucun allongement. Dans aucun cas nous n'observons un arrêt de développement à la fin du cinquième stade larvaire et les adultes obtenus ne présentent aucune malformation.

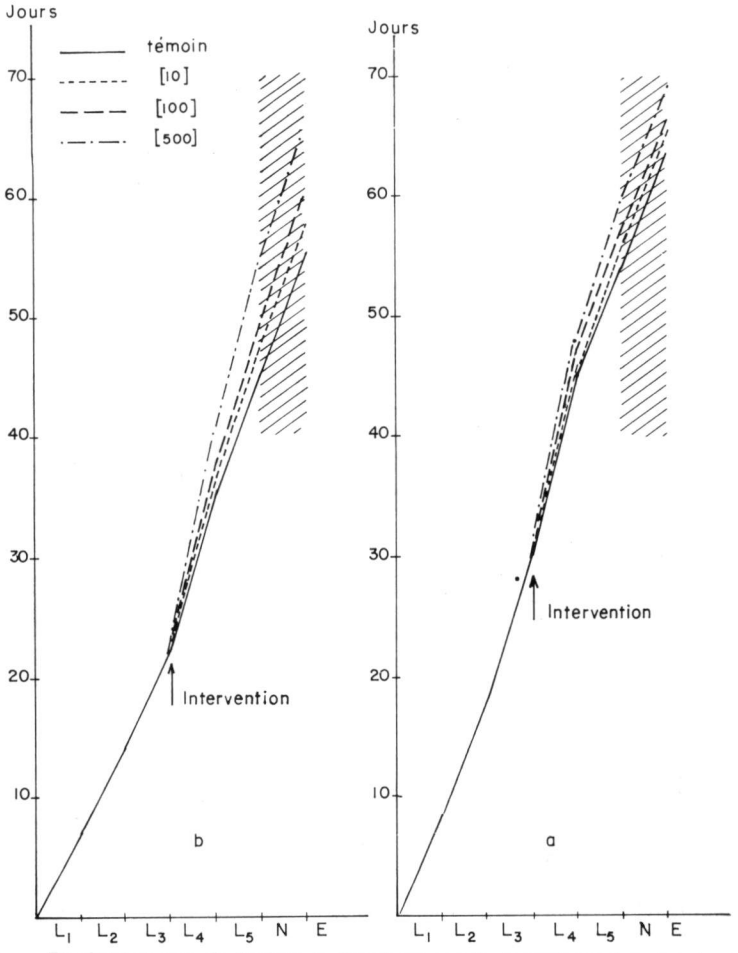


FIG. 8. — *Résultats moyens de l'action de l'analogue sur le développement post-embryonnaire de* T. bisselliella. *Le traitement est fait à partir du quatrième stade*

B. — *Incidence du traitement sur le potentiel de reproduction*

La deuxième action de cet analogue que nous avons analysée est l'incidence du traitement sur le potentiel de reproduction. Dès à présent il est intéressant de rappeler que, compte tenu des malformations observées au niveau des génitalia, l'aptitude à l'accouplement et à la ponte sera fortement perturbée, voire impossible.

a) *Incidence sur la fécondité.*

Le comptage quotidien des œufs pondus par chaque femelle nous a permis d'évaluer le taux de fécondité de chaque lot d'essai en fonction du traitement effectué. Dans les lots témoins le nombre d'œufs pondus est important et sensiblement égal sur les deux types de substrats alimentaires :

milieu en poudre : moyenne 130,
sur tissu : moyenne 128.

Parmi les lots traités aux concentrations de 10 et 100 p.p.m., seuls ceux provenant de l'élevage sur tissu nous ont donné des adultes. Les couples formés sont issus d'individus ayant subi le même traitement, tant pour les femelles que pour les mâles. Pour augmenter le nombre de couples à former il nous est arrivé de réunir des adultes issus de boîtes différentes.

A partir des résultats nous pouvons constater deux ensembles de réponses au traitement :

— un certain nombre d'œufs pondus par des adultes qui malgré le traitement ne présentent pas de malformations.

— un certain nombre d'œufs pondus par des adultes ayant des malformations au niveau des génitalia. Dans ce cas, nous n'avons pas dissocié les résultats traduisant toutes les différentes combinaisons possibles : mâles et femelles avec malformations, mâles malformés avec femelles normales et mâles normaux avec femelles malformées. Nous consignerons les résultats dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Répartition de la fécondité en fonction du traitement

Essais	Nbre ♀ observées	Nbre ♀ sans malformations	Moyenne des œufs pondus par ♀	♀ avec malformations	Moyenne des œufs pondus	♂ avec malformations	Moyenne des œufs pondus par ♀ normale
Témoin T	100	100	129	—	—	—	— —
Témoin P	100	100	130	—	—	—	— —
10 p.p.m.	40	12	85	28	60	14	30
100 p.p.m.	40	5	60	33	50	15	29

b) *Incidence sur le taux d'éclosion.*

Les œufs une fois comptés sont mis à incuber dans une étuve tout en prenant le maximum de précautions pour éviter les risques d'attaque par les Acariens. Dans

TABLEAU 8

Répartition du taux d'éclosion en fonction du traitement

Essai	Moyenne des œufs pondus par femelle		Nombre d'œuf éclos	Pourcentage d'éclosion
Témoin T	128		98	80
Témoin P	130		102	81
10 p.p.m.	femelles normales	88	59	67
	femelles anormales	62	38	62
100 p.p.m.	femelles normales	56	21	38
	femelles anormales	49	19	40

les lots témoin le taux d'éclosion est d'environ 80 p. 100. Dans les résultats consignés dans le tableau 8, le pourcentage d'éclosion des invididus traités porte sur des lots où seules les femelles présentent des malformations. Nous avons remarqué que lorsque les mâles sont malformés, le taux d'éclosion est presque nul ce qui s'expliquerait par le fait que l'accouplement a été impossible. Dans le cas où les femelles présentent des malformations il y a également abaissement du taux d'éclosion (fig. 9). Rappelons qu'à la concentration de 500 p.p.m. le nombre d'adultes obtenus est nul ce qui entraîne *ipso facto* un nombre d'œufs pondus donc éclos nul.

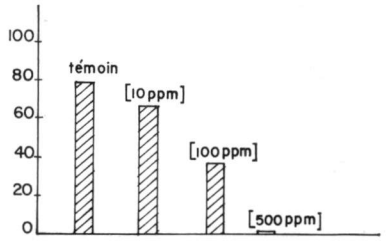


FIG. 9. — *Abaissement du taux de fertilité*

C. — *Conclusion*

A l'origine nous avons choisi la mite des vêtements comme matériel biologique pour cette série d'expérimentation en raison de la potentialité qu'elle présente de donner des stades surnuméraires, de la rapidité de son développement et d'un potentiel de reproduction élevé. A la suite des traitements réalisés n'avons obtenus aucun cas de stades surnuméraires.

Nous constatons, en considérant l'ensemble des divers essais effectués à la fois sur milieu en poudre et sur tissu, que tout se passe comme si nous avions travaillé avec une gamme de dilution. Dans le milieu en poudre, à toutes les concentrations, les effets sont les mêmes que sur tissu à 500 p.p.m. Il faut chercher l'identité de ces résultats dans le comportement de la larve ; sur tissu la larve chemine à l'intérieur de son fourreau qui est tissé en surface alors que dans le milieu en poudre la larve creuse des puits au sein même de celui-ci. Dans ce dernier cas les contacts avec le milieu sont de ce fait plus importants ; il peut même exister à l'intérieur des galeries creusées une certaine tension de vapeur de l'analogue. Il est alors impossible de savoir, avec les expériences que nous avons réalisées, quelle est la part de l'action par ingestion, par contact et par inhalation. Sur tissu, aux concentrations de 10 et 100 p.p.m., les doses agissantes sont moindres, d'où les effets atténués.

Avec ces dernières doses nous avons signalé l'obtention d'adultes anormaux. Il y a parfois absence totale d'un organe. C'est ainsi que dans bien des cas le développement des ailes dans les fourreaux alaires ne se faisant pas l'exuviation ne se déroule pas dans de bonnes conditions, entraînant la mort de l'imago. Nous avons observé le manque d'antennes, de palpes labiaux ou de pattes ainsi que des distorsions au niveau des genitalia. Tous ces organes n'existent pas chez la larve en tant que tels ; ils n'apparaissent qu'après les processus de morphogenèse qui ont lieu pendant la métamorphose. Les processus de morphogenèse résultent d'une combinaison très étroite entre quatre ensembles de phénomènes :

— la différenciation cellulaire ;
— l'agencement cellulaire ;
— la structuration fonctionnelle des groupements cellulaires ;
— la croissance.

A la suite de plusieurs réactions nous aboutissons par une évolution progressive à la formation d'organes spécialisés. Le traitement réalisé intervient donc au cours de ces phénomènes en bloquant leur développement. Compte tenu de la grande complexité des réactions aboutissant à la différenciation de l'organe je ne pense pas qu'il soit possible de préciser ici quand et comment prend place l'action de l'analogue. Il suffit que l'un des quatre phénomènes cités soit perturbé pour aboutir à des malformations ou à l'absence de l'organe.

On peut admettre que toute synthèse résulte d'une action spécifique au niveau du gène. Ces gènes, tous présents dans chaque noyau de la cellule ne sont pas tous simultanément actifs. Seul un nombre restreint de ces gènes synthétisent des messagers spécifiques. L'activité de ces gènes n'est pas permanente et reste continuellement soumise à un système de régulation. L'étude de ces phénomènes de régulation se traduisant par des états d'induction ou de répression, a mis en lumière les mécanismes qui permettent l'activation ou le blocage des gènes. C'est en dernier lieu le niveau de la concentration de certains composés dans le cytoplasme qui déclenche la régulation. L'analogue de l'hormone agit comme agent chimique en modifiant une des informations qui commande la chaîne des réactions. Il faut pour cela que l'analogue puisse atteindre sans altérations les centres actifs de la cellule.

L'incidence du traitement sur le potentiel de reproduction peut se faire à différents niveaux : l'aptitude à l'accouplement, le nombre d'œufs pondus et leur taux d'éclosion.

Il est bien certain que l'aptitude à l'accouplement est fortement altérée par les malformations constatées. Quand il s'agit de malformations au niveau des genitalia des mâles, nous avons constaté que l'accouplement est quasiment impossible ; ceci se traduit par une réduction du nombre moyen d'œufs pondus, effet déjà signalé par ROTH et WILLIS (1952), et par un taux d'éclosion presque nul.

Nous pouvons admettre globalement que l'action de l'analogue se traduit par une réduction du nombre d'œufs pondus et une diminution du taux d'éclosion ; des observations similaires ont pu être faites par MASNER, SLAMÀ et LANDA (1968) sur *Pyrrhooris apterus*. Ces auteurs ont même constaté que des applications d'analogues d'hormone juvénile entraînaient une stérilité complète des femelles. Nous n'avons pas obtenu de tels résultats car le mode d'administration de l'analogue est totalement différent.

IV. — CONCLUSIONS

Depuis 1967 l'idée de WILLIAMS a fait son chemin. Les recherches faites sur ces substances se sont multipliées dans de nombreux pays. Le nombre d'analogues de synthèse s'accroît sans cesse. Bien souvent les recherches sont effectuées dans un but d'application trop immédiate et les techniques d'essai s'apparentent beaucoup à celles des insecticides classiques. Mais avec les analogues il n'est plus possible de mettre en évidence une relation simple dose-taux de mortalité. Les aspects pratiques

d'application (STAAL, 1971) font intervenir des considérations biologiques et écologiques variées. SCHNEIDERMAN (1971) ira même jusqu'à parler de « stratégie de la lutte contre les Insectes avec les régulateurs de croissance ».

La diversité des résultats obtenus dans nos expériences et ceux rencontrés dans la littérature montre à quel point l'emploi de ces substances reste délicat, ce qui prouve que de nombreuses recherches fondamentales sur leur mode d'action restent à faire. Il reste par exemple très difficile de définir les doses effectives d'emploi des analogues (VARJAS, 1971), ainsi que la période d'application. Les résultats obtenus sont parfois contraires à ceux escomptés. Après l'administration d'un analogue CHANG *et al.* (1972) et MURAKOSHI *et al.* (1972) obtiennent respectivement des cocons géants d'où émergent des adultes qui donnent plus d'œufs (650) que le témoin (440) et un accroissement de la production de soie.

Malgré tout, cet aspect de la lutte contre les Insectes semble prometteur et doit susciter encore de nombreux sujets de travail.

Reçu pour publication en mars 1974.

SUMMARY

INFLUENCE OF A JUVENILE HORMONE ANALOGUE ON THE BIOLOGY OF *TINEOLA BISSELLIELLA* HUMM.

We are studiing modifications of the biology of clothes moth *Tineola bisselliella* HUMM. due to oral administration of a Juvenile Hormone analogue : the ethyl-*trans*-7-11-dichloro-3-7-11-trimethyl-2-dodecenoate. Three concentrations are used : 10, 100 and 500 p.p.m. The applications are done in two sorts of alimentary medium in which larvae are placed at first instar and forth instar. The efficience of traitement is noted on the development of larvae and on the potential of reproduction.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHANG C. F., 1972. Giant cocon on formation in the silkworm, *Bombyx mori* L. topically treated with methyllenedioxyphenyl derivates. *Agric. Biol. Chem.*, **36**, 692-694.

FRAENKEL G., BLEWETT M., 1945. The dietetics of the clothes moth, *Tineola bisselliella*. *J. Exp. Biol.*, **21**, 156-161.

MASNER P., SLAMA K., LANDA V., 1968. Sexually spread insect sterility induced by the analogues of juvenile hormone. *Nature*, **219**, 395.

MURAKOSKI S., CHANG C. F., TAMURA S., 1972. Increase in silk production by the silkworm, *Bombyx mori* L., due to oral administration of a Juvenile Hormone analogue. *Agri. Biol. Chem.*, **36**, 695-696.

OUTRAM, 1972. Effects of synthetic Juvenile hormone on adult emergence and reproduction of the female spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lep. Tortricidae). *Can. Ent.*, **104**, 271-273.

ROLLER H., BJERKE J. S., 1965. Purification and isolation of Juvenile hormone and its action in Lepidopterian larvae. *Life Sci.*, **4**, 1617-1624.

ROLLER H., BJERKE J. S., MCSHAN W. H., 1965. The Juvenile hormone. I. Methods of purification and isolation. *J. Insect physiol.*, **11**, 1185-1197.

ROLLER H., DAHM K. H., SWEELY C. C., TROST B. M., 1967. The structure of the Juvenile hormone. *Angew. Chem.*, **79**, 190.

ROTH L. M., WILLIS E. R., 1952. Observations of the webbing clothes moth. *J. Econ. Ent.*, **45**, 20-25.

SCHMIALEK P., 1961. Die Identifizierung zweier, in Tenebriokot und in Hefe vorkommender Substanzen mit Juvenilhormonwirkung. *Z. Naturf.*, **166**, 461-464.

SCHNEIDERMAN H. A., 1971. Srategy of controlling Insect pest. *Bull. Soc. Ent. Suisse*, **44**, 141-149.

STAAL G., 1971. Practical aspects of Insect control by Juvenile Hormone. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, **44**, 391-394.

VARJAS L., 1971. The effective Dosis of Juvenile Hormone Analogues from the point of view of Insect control. *Act. Phyth. A. Sc. Jung.*, **6**, 219-227.

WAKABAYASHI N., SCHWARZ M. *et al.*, 1971. Compound related to Insect Juvenile Hormones. *Mitt. Schweiz. Ent. Gesel.*, **44**, 131-140.

WIGGLESWORTH V. B., 1958. Some methods for essaying extracts of Juvenile hormone in Insects. *J. Insect Physiol.*, **2**, 73-84.

WILLIAMS C. M., 1956. The Juvenile Hormone in Insect. *Nature*, **178**, 212-213.

WILLIAMS C. M., LAW J. H., 1965. The Juvenile Hormone. IV. Its extraction assay and purification. *J. Insect Physiol.*, **11**, 569-580.

WILLIAMS C. M., SLAMA K., 1966. The Juvenile hormone. VI. Effects of the « paper factor » on the growth and metamorphosis of the bug *Pyrrhocoris apterus*. *Biol. Bull.*, **130**, 247-253.

WILLIAMS C. M., 1967. *Third generation pesticides, Scient. Amer.*, **217**, 13-17.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 423-430.

REMARQUES SUR LA SPÉCIFICITÉ DE QUELQUES PHÉROMONES SEXUELLES DE SYNTHÈSE : ANALYSE FAUNISTIQUE DES TORTRICIDES EN VERGERS

J. P. CHAMBON et J. d'AGUILAR
avec la collaboration technique de G. GENESTIER

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

L'utilisation des phéromones de synthèse, Orfamone, Funémone, Codlémone, Adoxomone, dans le domaine des prévisions d'attaques, pose la question de leur spécificité.

Les auteurs ont fait une analyse faunistique des captures de *Tortricidae* obtenues avec ces quatre substances. Dans cette étude, l'Orfamone attire 22 espèces, la Funémone 13, la Codlémone 13 et l'Adoxamone 9.

Ce manque de spécificité entraîne des inconvénients par le risque de confusion existant entre des espèces morphologiquement voisines mais n'ayant pas le même intérêt agronomique. Ce risque d'erreur est lié à la méthode d'examen des captures à l'œil nu. Il est sérieusement accru, en outre, par l'état des papillons qui, une fois englués, sont dans beaucoup de cas méconnaissables.

L'examen des pièces génitales mâles peut seul permettre une identification précise.

INTRODUCTION

Après des débuts relativement lents, il y a une dizaine d'années, l'isolement et l'identification des phéromones sexuelles ont fait récemment l'objet de nombreux travaux couronnés de succès.

L'intérêt des agronomes pour ces substances s'est fortement accru dès que leur utilisation dans la pratique a pu être envisagée.

Actuellement c'est surtout dans le domaine des avertissements agricoles et de l'aménagement de la lutte chimique en vergers que l'emploi des phéromones sexuelles

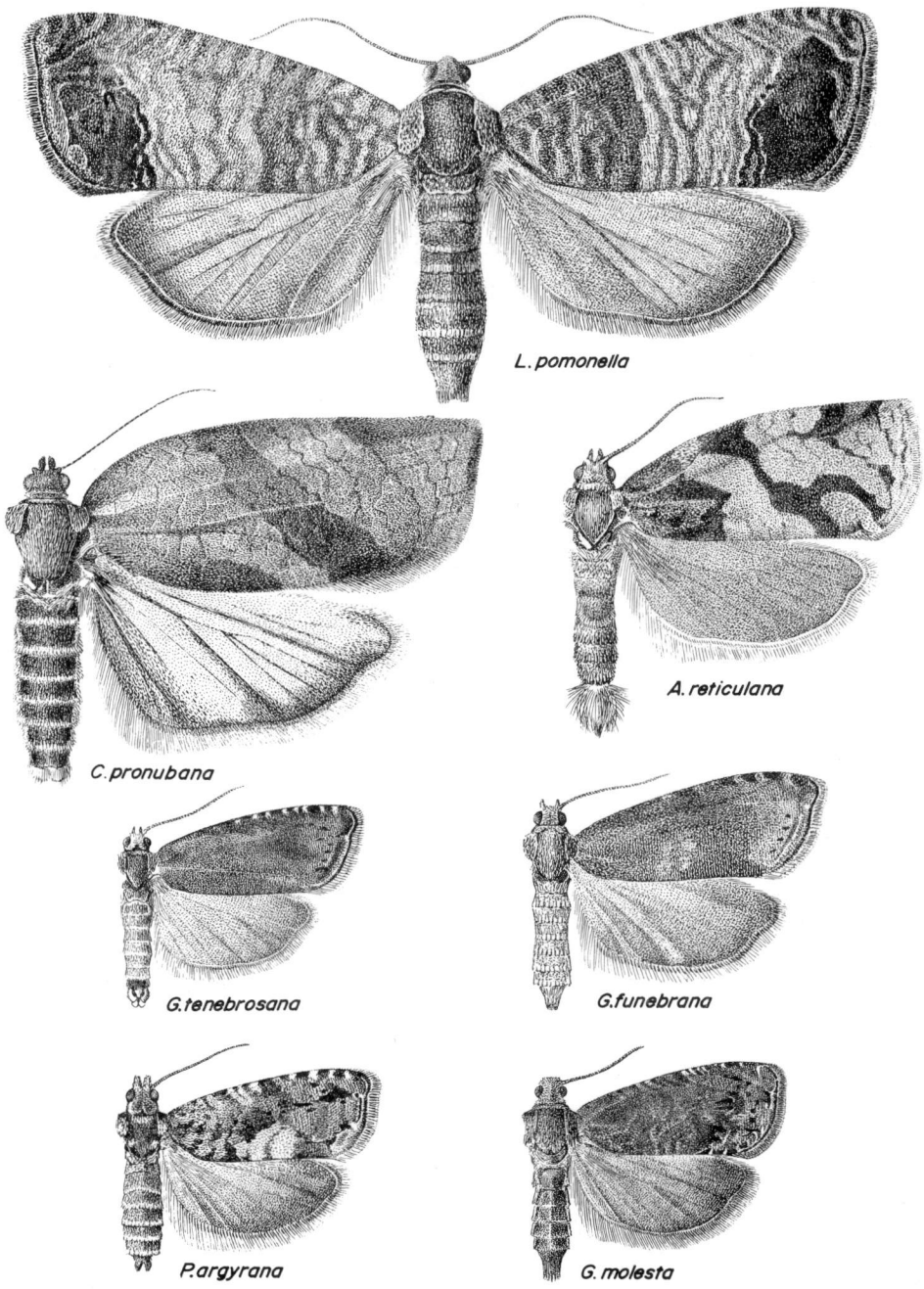


PLANCHE I. — *Quelques Tortricides rencontrés dans les pièges*

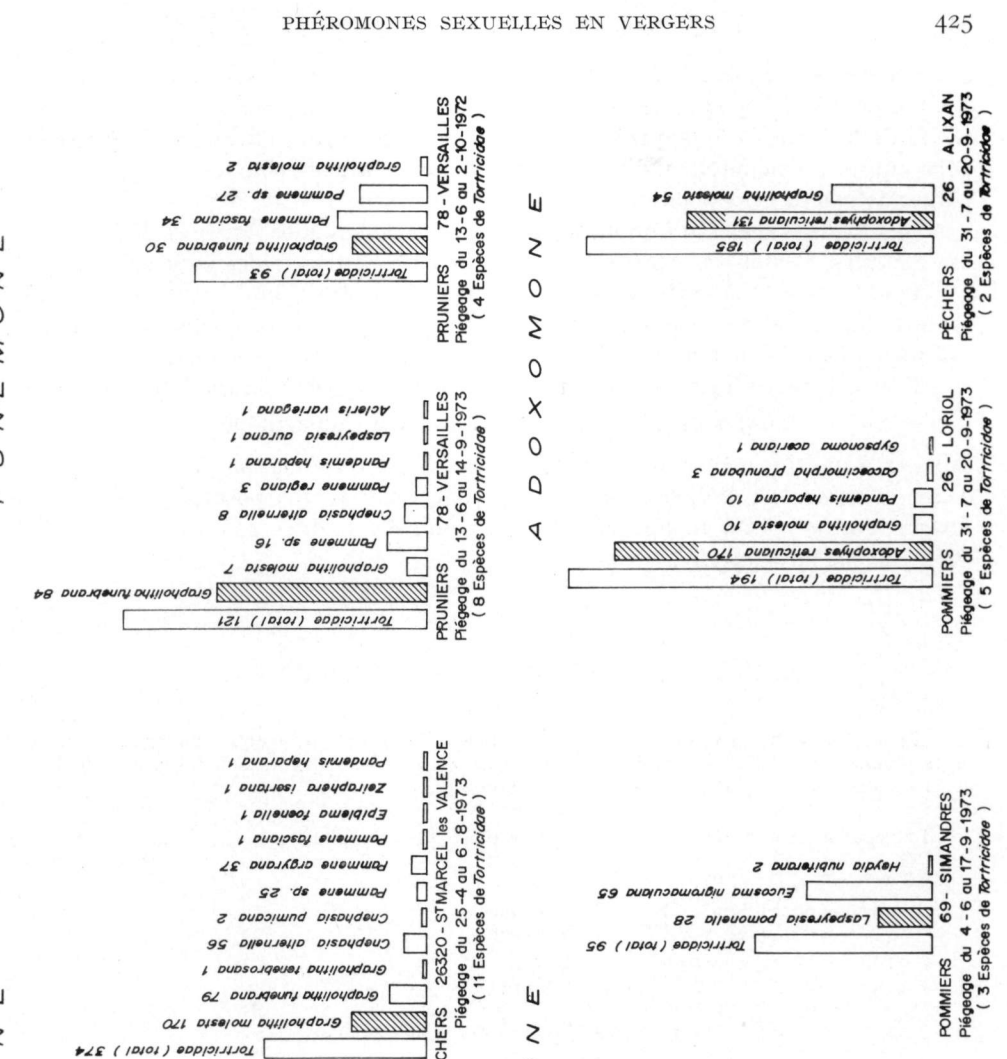


PLANCHE 2. — *Exemples de spectres de captures*

a fait naître des espoirs. Il devrait, en effet, permettre de préciser nos connaissances sur l'intensité et l'époque de vol du ravageur et, par là-même, d'augmenter l'efficacité de la lutte en appliquant les traitements insecticides au moment opportun. Cela suppose, bien entendu, d'avoir pu établir une relation entre le nombre d'exemplaires attirés et la population réelle du verger.

Dès lors se pose la question de la spécificité de ces substances et de l'analyse des captures, éléments fondamentaux pour la mise en œuvre des moyens de lutte.

Pour répondre à cette question, et dans le cadre d'une action suivie par H. MILAIRE, nous avons fait une analyse faunique qualitative et quantitative des captures obtenues en 1972 et 1973 avec quatre phéromones de synthèse (1).

Il s'agit précisément de substances distribuées par la firme Zoecon Cie :

Orfamone, Funémone, Codlémone et Adoxamone

utilisées respectivement pour attirer les mâles de *Grapholitha molesta* BUSCK. (Tordeuse orientale du Pêcher), *Grapholitha funebrana* T. (Carpocapse des prunes), *Laspeyresia pomonella* L. (Carpocapse des pommes) et *Adoxophyes reticulana* Hb. (Tordeuse de la pelure).

MATÉRIEL, LIEU ET PÉRIODE DE PIÉGEAGE

L'étude qui a été menée porte sur des captures opérées avec des pièges « phérotrap » et des pièges cylindriques, décrits par H. MILAIRE (1973) et dont les capsules ont été renouvelées en cours de saison à intervalles de six semaines environ.

La répartition des pièges a été la suivante pour chaque produit :

— *Orfamone* (verger de Pêcher)

1972	– du 13-6 au 2-10	78 - Versailles
	– du 3-5 au 3-7	04 - Manosque
1973	– du 27-4 au 14-9	04 - Dabisse
	du 25-4 au 6-8	26 - St-Marcel-les-Valence
	– du 25-4 au 28-9	*dº*
	– du 4-6 au 17-9	69 - Simandres

— *Funémone* (verger de Prunier)

1972	– du 13-6 au 2-10	78 - Versailles
1973	– de mai à juin	07 - St-Sernin
	– du 13-6 au 14-9	78 - Versailles

— *Codlémone* (verger de Pommier)

1972	– du 13-6 au 2-10	78 - Versailles
1973	– du 4-6 au 17-9	69 - Simandres
	– du 13-6 au 14-9	78 - Versailles

— *Adoxamone*

Verger de Pommier (1973)	– du 31-7 au 20-9	26 - Loriol
	– du 20-7 au 14-9	78 - Versailles
Verger de Pêcher (1973)	– du 31-7 au 20-9	26 - Alixan

(1) Ce travail a été rendu possible grâce à la participation du S. E. I. (M. MARBOUTIE) et le C. T. G. R. E. F. (MM. GENDRIER et REBOULET) ainsi que par la mise en place d'un réseau de piégeage réalisé par l'A. C. T. A. dans la vallée de la Durance sous la responsabilité de M. J. P. BASSINO.

RÉSULTATS

A. — *Analyse du matériel capturé*

L'analyse du matériel capturé implique l'identification exacte des espèces. Étant donné l'état du matériel récolté, la seule manière de satisfaire à cette exigence est l'étude des pièces génitales, qui a été faite pour tous les individus recueillis dans les pièges.

Les résultats obtenus font apparaître, pour chacune des phéromones étudiées, un spectre de capture assez largement étendu et différent selon les régions considérées.

Pour l'Orfamone, le nombre des espèces attirées et capturées pour l'ensemble du piégeage s'élève à 22. La Funémone, qui est la même substance que la précédente mais cinq fois plus concentrée, permet de prendre 13 espèces ; les recherches faites aux États-Unis (ROELOFS et COMEAU, 1971) montrent qu'elle attire encore d'autres Tordeuses non-représentées dans la faune de France. Pour la Codlémone et l'Adoxamone, les spectres de capture sont respectivement de 13 et 9 espèces.

Il est entendu que ces données n'ont qu'une valeur relative, les spectres pouvant s'étendre ou se réduire selon les années et les zones de piégeage. Il n'est, en particulier, pas fait état de l'environnement des vergers. La prise en considération de cet élément peut évidemment fournir des indications sur l'éventail des espèces capturées.

Les exemples de spectre de capture pour chacune des quatre phéromones représentés Planche 2 donnent un aperçu des espèces que l'on peut rencontrer en des points déterminés.

B. — *Remarques*

Au vu du nombre d'espèces capturées, la spécificité pour chaque substance doit être considérée comme relativement faible. Certes plusieurs exemples montrent des captures importantes pour l'espèce visée (Codlémone, Versailles) et des effectifs beaucoup plus réduits pour les autres espèces, mais d'autres exemples (Codlémone, Simandre) fournissent des résultats inverses.

On peut penser que l'importance numérique des espèces capturées doit être en fonction des densités de population, éléments sur lesquels nous ne possédons cependant aucune information précise.

L'utilisation des phéromones de synthèse, dans les conditions actuelles, comme moyen d'appréciation de la période d'activité des individus mâles, d'estimation des variations numériques des populations naturelles et des périodes maximales de vol, doit faire l'objet de quelques réserves, compte tenu de la technique d'identification couramment pratiquée.

En effet, des confusions peuvent et pourront avoir lieu avec des espèces de même allure générale. Les risques d'erreurs sont encore accentués par le fait que les insectes sont englués ce qui, dans la plupart des cas, rend l'examen visuel des papillons illusoire et inefficace.

L'exemple de l'Orfamone (Dabisse, Pl. 2) est particulièrement significatif. Visuellement, il avait été dénombré 165 *Grapholitha molesta* alors qu'en réalité, après examen des pièces génitales, il y en avait seulement 18. Cette erreur peut avoir des

conséquences importantes sur des décisions d'intervention qui doivent être prises en fonction des résultats du piégeage.

Le même problème se pose pour la Funémone, *Grapholitha funebrana* pouvant être confondue avec trois ou quatre autres espèces.

Pour la Codlémone et l'Adoxomone, bien que n'étant pas plus spécifiques que les deux précédentes, les risques de confusion sont très fortement réduits. *Laspeyresia pomonella* est assez caractéristique pour qu'on puisse l'identifier à l'œil nu parmi l'ensemble des captures, à condition toutefois que l'Insecte soit dans un état de conservation satisfaisant. Pour *Adoxophyes reticulana*, la confusion peut être faite avec beaucoup d'espèces de la tribu des *Archipini*, mais à part *Cacoecimorpha pronubana*, peu d'entre elles ont été capturées jusqu'alors.

IDENTIFICATION PRÉCISE DES CAPTURES

Nous avons vu que l'examen à l'œil nu des Insectes englués ne permet pas, dans de nombreux cas, de parvenir à l'identification précise des spécimens. Par contre, l'étude des pièces génitales des mâles permet d'atteindre cet objectif.

La technique consiste, après avoir fait bouillir l'abdomen pendant 15 minutes dans une solution aqueuse de potasse à 10 p. 100, à extraire les pièces génitales et à les observer dans l'eau ou les monter dans la gomme au chloral entre lame et lamelle.

Les pièces génitales (Pl. 3) des quatre espèces concernées par cette étude présentent des caractères très évidents. Ceci permet de reconnaître aisément l'espèce recherchée et de déterminer l'importance des captures. La planche représente les genitalias de *Laspeyresia pomonella*, *Adoxophyes reticulana*, *Grapholitha molesta*, et *Grapholitha funebrana*, ainsi que ceux de quelques espèces dont les adultes peuvent être facilement confondus.

CONCLUSIONS

L'attractivité des phéromones de synthèse utilisées actuellement est loin d'être spécifique. Dans le cadre des prévisions d'attaques, cette constatation suppose une détermination exacte du matériel récolté qui ne peut être réalisée par le simple examen à l'œil nu des papillons englués. Cette remarque concerne surtout l'Orfamone et la Funémone pour lesquelles les espèces capturées sont difficilement séparables surtout lorsque les pièges sont placés dans des vergers de pêchers ou de pruniers situés dans une région où l'on rencontre ces deux essences. Il faut d'autre part insister sur le fait que le piégeage n'est pas le seul élément à prendre en considération et qu'il est souvent appuyé par le contrôle visuel de l'intensité des attaques sur fruits. Notons enfin que l'utilisation des pièges à phéromones est d'un emploi plus facile et d'un rendement au moins équivalent à d'autres procédés. De toute façon leur utilisation implique actuellement l'identification des espèces capturées par l'examen des pièces génitales afin d'avoir une précision sur leur abondance.

Dans un autre domaine remarquons que la corrélation signalée par COMEAU

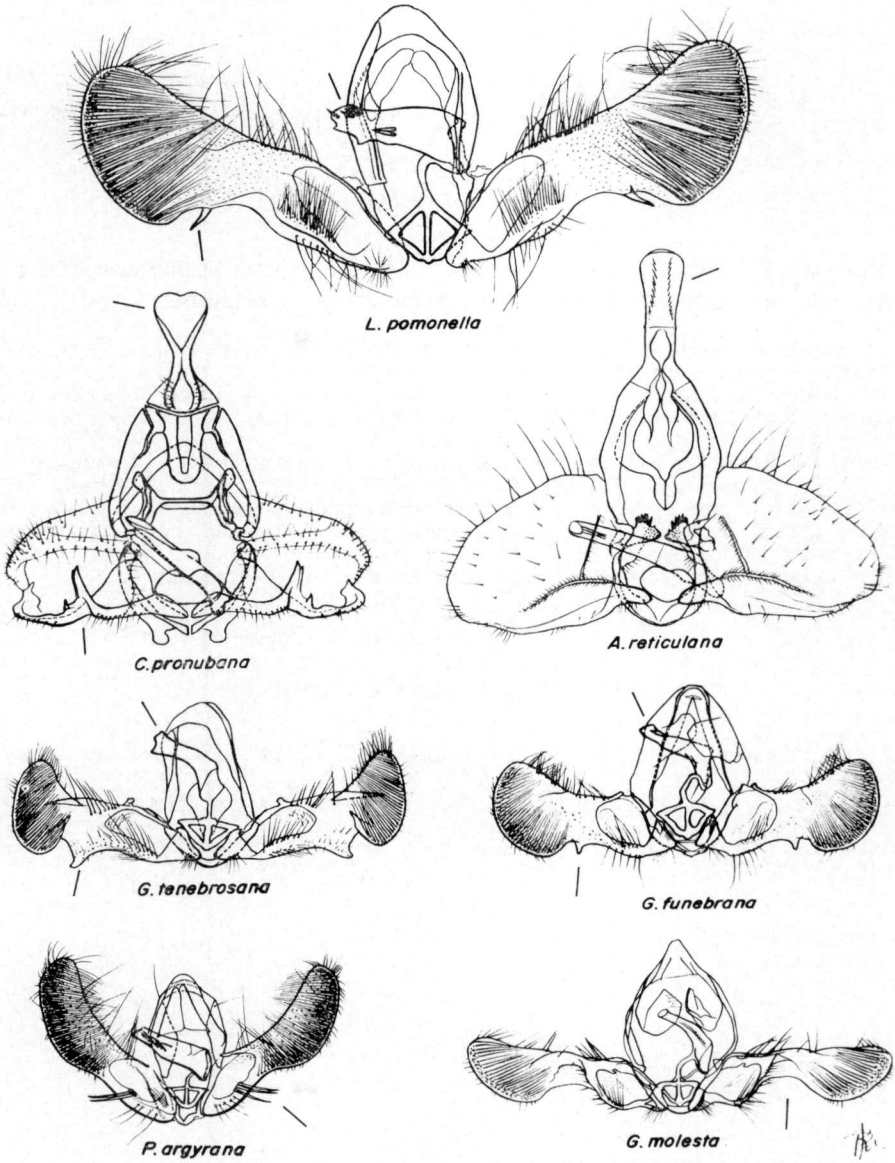


PLANCHE 3. — *Pièces génitales de quelques Tortricides*

et ROELOFS concernant les groupements taxonomiques et la structure chimique des phéromones n'est pas toujours confirmée. En effet les alcools insaturés à 12 carbones (Orfamone, Funémone, Codlémone) attirent, en dehors des *Olethreutinae*, des *Tortricinae* comme *Cnephasia* et les alcools à 14 carbones (Adoxamone) attirent en plus des *Tortricinea* des *Olethreutinea* comme *Grapholitha*.

Reçu pour publication en mars 1974.

SUMMARY

REMARKS ON THE SPECIFICITY OF SOME SYNTHETIC SEXUAL PHEROMONES : SYSTEMATIC STUDY OF TORTRICIDS IN ORCHARDS

Utilisation of synthetic pheromones : Orfamone, Funemone, Codlemone, Adoxamone, in the study of prevision of attack demands their specificity.

The authors have made the systematic analysis of captures of *Tortricidae* obtained with the help of these four substances. In this study, Orfamone attracted 22 species, Funemone 13, Codlemone 13 and Adoxamone 9.

This lack of specificity brings forth the inconveniences through the risk of confusion existing between the species morphologically similar but not having the same agricultural importance. This risk of error is linked with the method of examination of capture by naked eye. Moreover, this risk is certainly increased by the state of moths when stuck in the traps and therefore in many cases unidentifiable.

The examination of male genetalia can only permit a perfect identification.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COMEAU A., ROELOFS W. L., 1973. Sex attraction specificity in the *Tortricidae*. *Ent. exp. appl.*, **16**, 191-200.

MILAIRE H. G., 1973. Emploi des phérormones sexuelles de synthèse pour le piégeage de trois Tordeuses nuisibles dans les vergers. *Déf. Vég.*, (160), 84-98.

ROELOFS W. L., COMEAU A., 1971. Sex attractants in Lepidoptera Chemical Releasers in Insects. Pesticide Chemistry. *Proceed. Second intern. I. U. P. A. C. Congress*, **3**, 91-114.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 431-441.

ÉLEVAGE DE CHENILLES DE VINGT-HUIT ESPÈCES DE LÉPIDOPTÈRES *NOCTUIDAE* ET DE DEUX ESPÈCES D'*ARCTIIDAE* SUR MILIEU ARTIFICIEL SIMPLE. PARTICULARITÉS DE L'ÉLEVAGE SELON LES ESPÈCES

S. POITOUT et R. BUES

Station de Zoologie,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet

RÉSUMÉ

Sur une formule simple et peu coûteuse de milieu artificiel, 28 espèces de *Noctuidae* et 2 espèces d'*Arctiidae* ont pu être élevées. La méthode d'élevage individuel utilisée pour la plupart des espèces est décrite. Les légères modifications apportées au milieu pour l'adapter à l'alimentation de certains des insectes sont signalées. Pour les 17 espèces les plus importantes économiquement, le nombre de générations obtenues ainsi que les durées de développement larvaire et totale à 21°C et 25°C sont indiquées. Cette méthode paraît satisfaisante pour réaliser dans de bonnes conditions des élevages expérimentaux ainsi que la production d'insectes en nombre relativement important.

Lorsqu'il est possible d'élever les insectes au laboratoire et sans trop de difficultés, les recherches sont grandement facilitées quels que soient les buts poursuivis. Notamment, la mise au point de méthodes de lutte contre les espèces nuisibles, par les études biologiques de base et les nécessités d'expérimentation qu'elle entraîne, rend indispensable la production de populations nombreuses et homogènes.

Selon son importance, l'élevage d'insectes est envisagé de façons différentes.

L'élevage dit de « masse » nécessite des moyens importants en personnel et en matériel ; des locaux particuliers doivent lui être consacrés. Dans ce cas, la production d'insectes est utilisée pour expérimenter à plus ou moins grande échelle certaines méthodes de lutte (lutte génétique, lutte biologique).

L'élevage de laboratoire nécessite une production également permanente d'insectes mais en quantité réduite ; il peut être réalisé avec un matériel simple. Les insectes produits sont utilisés pour des études biologiques de base ou de l'expérimentation de lutte à petite échelle.

Chacun des deux types d'élevage se conçoit à son niveau respectif ; le passage de l'un à l'autre se montre délicat étant donné que les éléments dont il faut tenir compte ne sont pas les mêmes dans les deux cas. La technique qui fait l'objet de notre exposé s'insère dans le second type.

Parmi de nombreux avantages (GUENNELON, 1968), l'utilisation des milieux artificiels facilite la conception de méthodes d'élevage réduisant dans une certaine mesure les manipulations. Ceci est d'autant plus valable lorsqu'il s'agit d'élever les chenilles de Lépidoptères *Noctuidae* ; pour la plupart des espèces appartenant à cette famille, l'élevage individuel est obligatoire si l'on veut diminuer les risque d'épizooties, éviter le cannibalisme et obtenir un développement larvaire homogène. Durant les quatre premiers stades, les chenilles s'attaquent généralement peu les unes les autres. De ce fait, il est possible de les maintenir en groupe pendant cette première partie de leur développement (BERGER, 1963 ; POITOUT, BUES, 1970). L'élevage individuel dès le stade chenille nouveau-née est cependant la meilleure solution si l'on veut obtenir une faible variabilité de durée de développement entre individu et un bon état sanitaire. Ainsi, divers auteurs ont réalisé, sur milieu artificiel, l'élevage individuel des larves de *Noctuidae* pendant la totalité de leur développement (BURTON et COX, 1966 ; RAULSTON et LINGREN, 1969). Les premiers ont réalisé mécaniquement le conditionnement du milieu, l'installation des jeunes chenilles et la fermeture des petits récipients en matière plastique qu'ils utilisent. Les seconds ont employé des ensembles de cellules hexagonales préfabriqués dont l'une des faces est enfoncée dans le milieu artificiel préalablement coulé dans un plateau, l'autre étant hermétiquement close. IGNOFFO et BOENING (1970) ont mis au point une méthode proche de cette dernière. Ces deux auteurs ont utilisé des plateaux en matière plastique (ordinairement utilisés en restauration) dans lesquels sont imprimées des cavités de faible volume. Ces dernières, après avoir reçu l'aliment artificiel et les chenilles nouveau-nées, sont obstruées à l'aide d'un film de matière plastique scellé à l'aide d'un fer chaud.

La technique que nous présentons nous a permis d'élever vingt-huit espèces de *Noctuidae* et deux espèces d'*Arctiidae*. Les quelques modifications de méthodes ou de milieu artificiel qui sont apparues nécessaires pour certaines d'entre elles sont signalées. Seul l'élevage des chenilles sera décrit. Celui des adultes a été abordé par ailleurs (POITOUT et BUES, 1970 ; POITOUT, BUES et LE RUMEUR, 1972) ; il présente généralement peu de difficultés.

I. — MÉTHODE D'ÉLEVAGE

Les différentes espèces de *Noctuidae* élevées dans notre laboratoire appartiennent soit à différentes sous-familles du groupe des *Trifinae* (*Noctuidae, Hadeninae, Amphipyrinae, Melicleptriinae*), soit à deux sous-familles du groupe des *Quadrifinae* (*Wastermaniinae, Plusiinae*). Les chenilles des espèces appartenant à cette dernière sous-famille se nymphosent, dans les conditions naturelles, sur les parties aériennes des plantes. Ce caractère les oppose aux différentes espèces de *Trifinae* qui forment leurs chrysalides dans le sol. Cette différence éthologique entraîne des particularités techniques que nous mentionnerons lorsque nous aborderons les problèmes de nymphose.

Les récipients utilisés aux différents stades de l'élevage sont entièrement en matière plastique (PVC), démontables, facilement lavables et désinfectables. Ces récipients sont fabriqués à la Station à partir de plaques (1,4 × 1 m) de différentes épaisseurs que nous découpons. Deux types de fabrication sont réalisés selon qu'elles sont destinées à recevoir des chenilles en début ou en fin de développement.

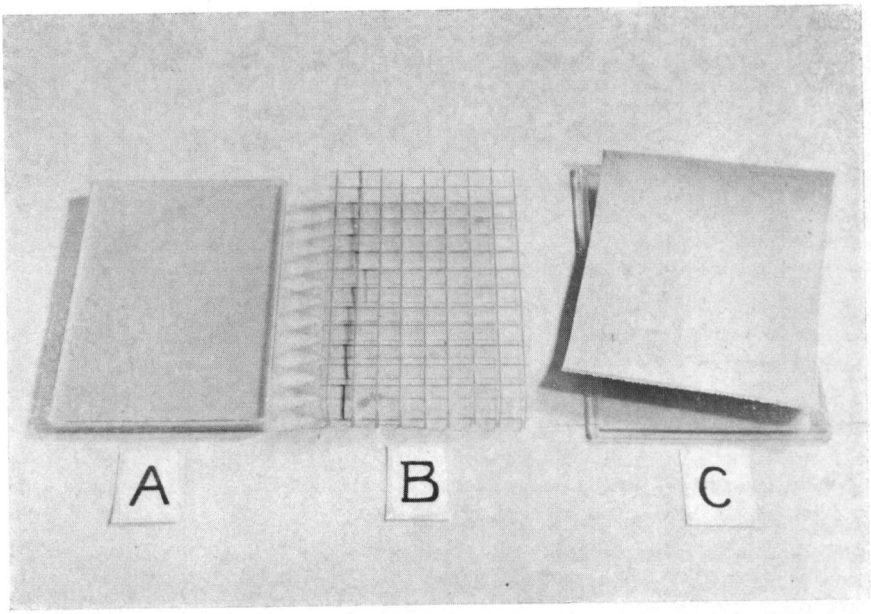


FIG. 1. — *Construction compartimentée pour l'élevage des 3 premiers stades larvaires*
A) Fond : support plat dans lequel le milieu est coulé (200 × 100 × 3 mm)
B) Cloisonnement à 96 cellules (10 × 10 × 20 mm)
C) Couvercle : plaque rigide et mousse caoutchoutée servant de joint souple.

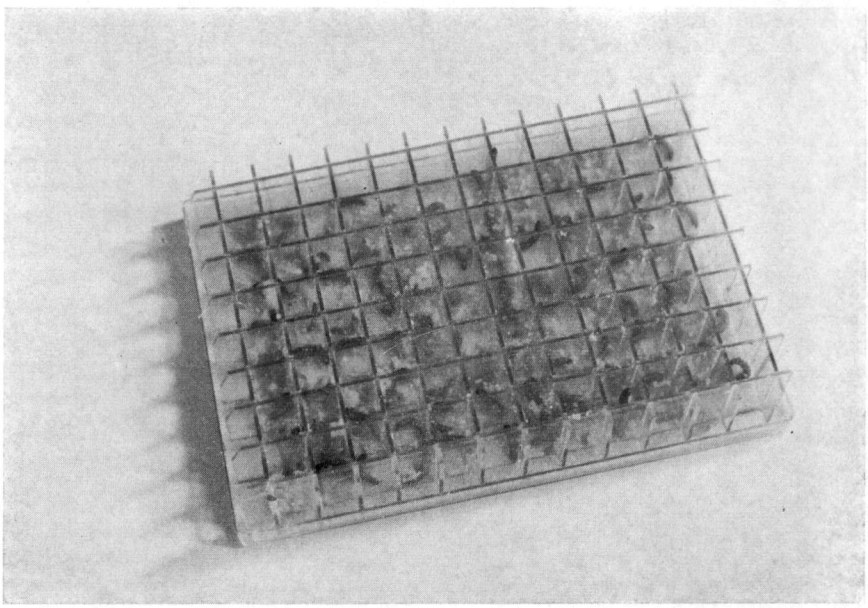


FIG. 2. — *Chenilles de* Scotia segetum SCHIFF. *au 4e stade*

A. — *Conditionnement des jeunes stades larvaires*

L'élevage des chenilles nouveau-nées s'effectue dans des cellules de faible volume (10 × 10 × 20 mm). Un ensemble de 96 cellules (fig. 1) est enfoncé dans le milieu artificiel coulé en couche d'environ 3 mm sur un support plat (couvercle de boîte ou plaque en matière plastique). Préalablement à l'installation des jeunes larves (1), effectuée à l'aide d'un pinceau à poils fins, il est indispensable de laisser s'évaporer l'excès d'humidité apparu à la surfade de milieu. Deux bracelets élastiques maintiennent le couvercle formé d'une mousse synthétique, permettant une obturation complète, et d'une plaque rigide. La cage d'élevage compartimentée, ainsi préparée, est placée dans un récipient clos pour éviter un dessèchement trop rapide de l'alimentation. Les chenilles de la plupart des espèces ayant tendance à monter, la cage sera disposée de telle façon que le milieu artificiel soit placé à la partie supérieure ; ainsi il n'est pas souillé par les excréments. Cependant pour trois espèces *Scotia exclamationis* L., *Scotia ipsilon* HFN, *Scotia segetum* SCHIFF., qui ont tendance à descendre, il est préférable que le milieu soit à la partie inférieure.

Sans aucune manipulation, les chenilles demeurent ainsi jusqu'au quatrième stade (fig. 2) ; c'est-à-dire pendant environ 7 jours à 25°C et 10 jours à 21°C.

B. — *Conditionnement des derniers stades larvaires*

L'élevage, à partir du 5e stade, est poursuivi dans des ensembles compartimentés semblables à ceux décrits ci-dessus mais de dimensions plus importantes (fig. 3). Des plaques en matière plastique servent aussi bien de fond que de couvercle ; dans le premier cas, elles sont opaques; dans le second cas, elles sont transparentes et perforées de trous de petit diamètre (1 mm). Chacune des 80 cellules (30 × 20 × 20 mm) reçoit une chenille et un fragment de milieu artificiel (fig. 4). L'apport d'alimentation est fractionné en deux ou trois fois jusqu'à la nymphose ; la nourriture est ainsi constamment de bonne qualité. En fin de développement, une aération plus importante peut devenir indispensable ; elle est obtenue en utilisant un couvercle perforé de trous de plus grand diamètre (7 mm) que nous obstruons à l'aide d'un grillage métallique à mailles fines.

C. — *La nymphose*

Elle a lieu dans du sable pour les *Trifinae* et sur les parois des enceintes d'élevage pour les *Quadrifinae Plusiinae*. Dans les deux cas, nous utilisons les éléments compartimentés servant à l'élevage des chenilles au cours des derniers stades.

1. *Nymphose dans le sable* (2).

La disposition des ensembles compartimentés est montrée par la fig. 5. Sur une plaque servant de fond, deux ensembles sont superposés et rendus solidaires. L'inférieur est rempli de sable fin désinfecté à la chaleur et humidifié (solution de nipagine à 2 p. 1 000) puis il est recouvert d'une feuille de papier-filtre qui sera intercalée entre les deux cloisonnements. Le supérieur reçoit les chenilles ainsi que l'alimentation disposée sur le papier. Leur développement terminé, les chenilles vont se nymphoser dans le sable après avoir perforé le papier. Lorsque les nymphes sont formées, l'ensemble supérieur et le papier filtre sont enlevés en même temps que les déchets de nourriture et les excréments ; l'ensemble inférieur contenant les nymphes (fig. 6) est disposé dans une enceinte fermée où les adultes écloront.

2. *Nymphose sur les parois des récipients d'élevage.*

Dans ce cas, il suffit de disposer un ensemble compartimenté au-dessus de celui servant à l'élevage. Les chenilles montent dans la partie ajoutée et se nymphosent sans contact avec les déjections (fig. 7). Une feuille de papier filtre placée sous le couvercle peut éventuellement faciliter la formation des cocons. Les nymphes restent fixées à l'ensemble supérieur, leur éclosion aura lieu dans une enceinte fermée.

(1) Les cellules ont été conçues pour ne recevoir qu'une seule chenille mais une répartition réalisée en faisant tomber les jeunes larves librement du récipient qui les contient est satisfaisante à condition de ne pas dépasser 3 chenilles par cellule. La mise en élevage est alors rapide.

(2) La tourbe désinfectée peut être utilisée.

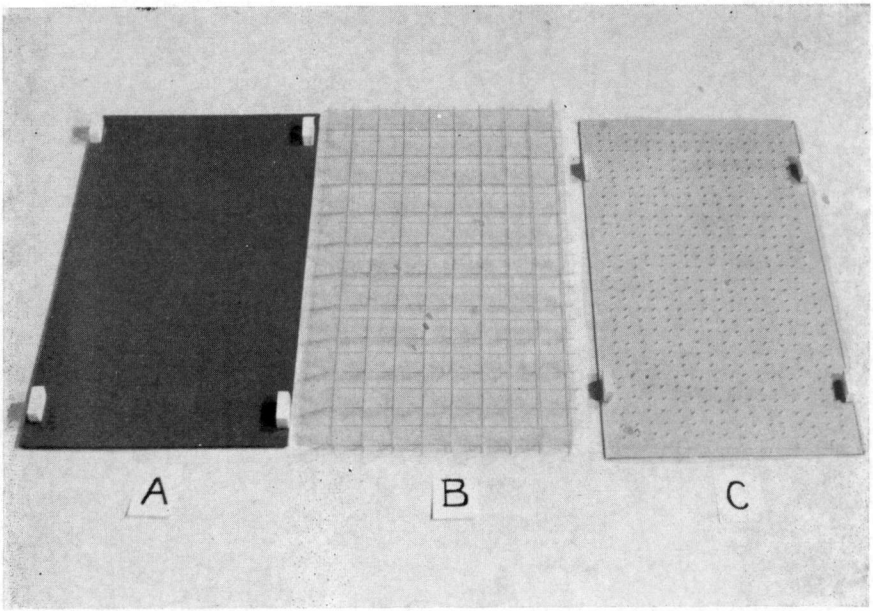


FIG. 3. — *Construction compartimentée pour l'élevage des derniers stades larvaires*
A) Fond : (37 × 17 cm)
B) Cloisonnement à 80 cellules (3 × 2 × 2 cm)
C) Couvercle avec trous de ∅ 1 mm

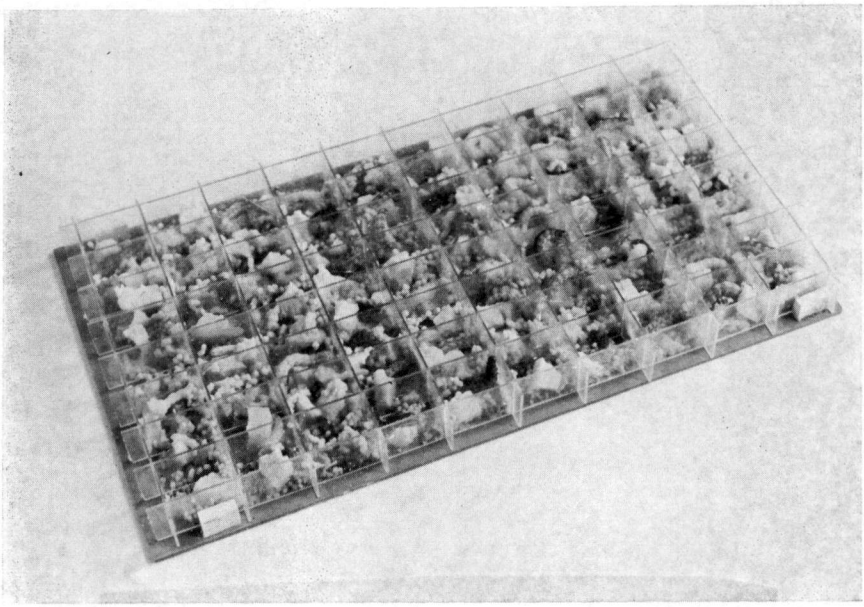


FIG. 4. — *Chenilles de* Mamestra brassicae L. *au dernier stade*

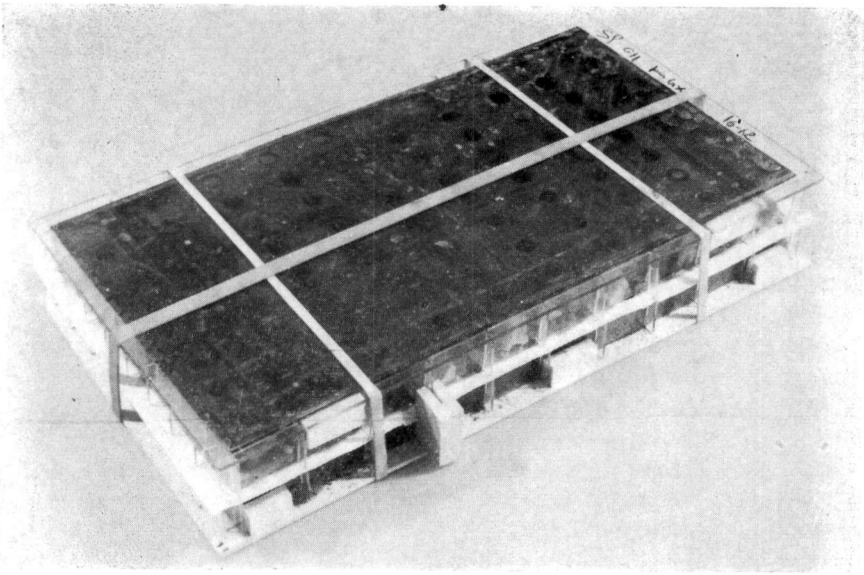


FIG. 5. — *Disposition des éléments cloisonnés pour la nymphose des* Trifinae *dans le sable*

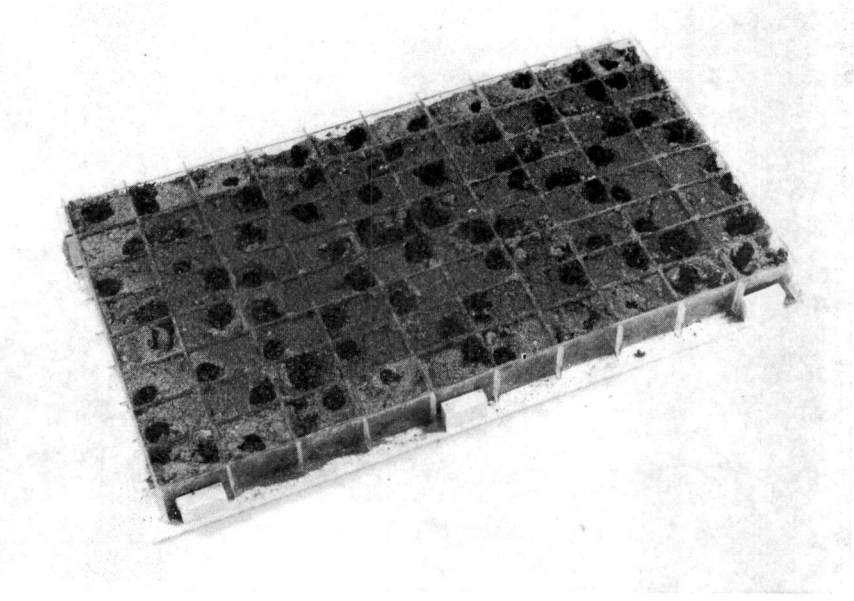


FIG. 6. — *Nymphes de* Spodoptera littoralis BOISD. *dans le sable contenu dans le cloisonnement inférieur*

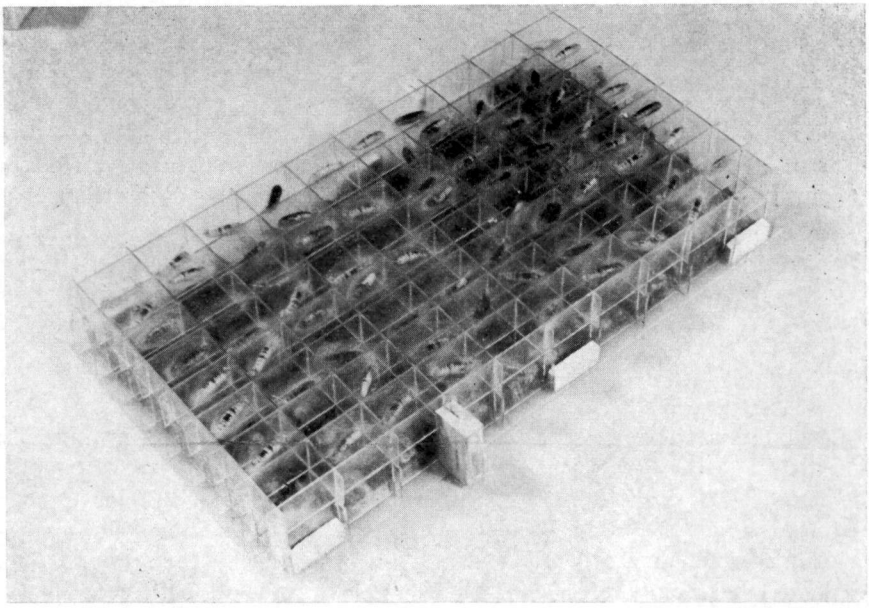


FIG. 7. — *Nymphes de* Chrysodeïxis chalcites ESP. *dans le cloisonnement supérieur*

II. — MILIEU ARTIFICIEL

Le milieu artificiel, servant de base à l'alimentation des diverses espèces, est de constitution et de fabrication simples. Sa formule est proche de celle déjà publiée (POITOUT, BUES, 1970). Sa composition en grammes pour 100 g est la suivante : eau 77,95 ; agar 1,83 ; semoule de maïs 12,84 ; germe de blé 3,21 ; levure de bière 3,43 ; acide ascorbique 0,45 ; acide benzoïque 0,13 ; nipagine 0,11 ; aldéhyde formique 0,05. Ce dernier anti-ferment semble donner des résultats plus satisfaisants que le chlorhydrate d'auréomycine employé par ailleurs (POITOUT, BUES et LE RUMEUR, 1972).

Quelques modifications peu importantes ont dû être apportées à cet aliment de base pour qu'il convienne à l'élevage de certaines espèces.

Une telle alimentation n'est pas apte à l'élevage des Noctuelles *Quadrifinae Plusiinae* (*Autographa gamma* L. ; *Trichoplusia ni* Hb., *Chrysodeixis chalcites* ESP., *Macdunnoughia confusa* STEPH.). Pour ces insectes, il a été démontré que le milieu n'était pas suffisamment riche en acide linolénique. Les conséquences sont un développement larvaire relativement lent et la production d'adultes à ailes déformées. Nous pallions cette carence en remplaçant 10 g de semoule de maïs par 10 g de poudre de feuilles de chou (POITOUT, BUES, 1972).

Par ailleurs, le milieu ainsi modifié est apparu donner de meilleurs résultats en ce qui concerne le développement de *Noctua pronuba* L. ; son emploi amène aussi une légère amélioration pour l'élevage de *Spodoptera littoralis* BOISD. : durée de développement larvaire et nymphal diminuée d'environ un jour à 25°C pour cette dernière espèce.

A la même température, le développement larvaire et nymphal de *Pseudoletia unipuncta* HAWORTH est réduit d'environ 5 jours si l'on remplace dans le milieu 10 g de semoule de maïs par 10 g de poudre de feuilles de fétuque (*Festuca* sp.). Il peut s'agir de causes nutritionnelles mais l'aspect de la poudre de fétuque (fragments plutôt que poudre véritable) peut faciliter aussi la prise de nourriture.

Enfin à 25°C, le développement de *Earias insulana* BOISD. a une durée écourtée de 3 jours si l'on ajoute à la formule du milieu considéré 2 g d'un mélange de sels minéraux (POITOUT, BUES et LE RUMEUR 1972) (1).

III. — ESPÈCES ÉLEVÉES

Les différentes espèces de *Noctuidae* ont été élevées soit sur la formule d'alimentation artificielle de base, soit, pour certaines d'entre-elles, sur cette formule légèrement modifiée (Cf. ci-dessus). Les noctuelles élevées sont indiquées dans le tableau 1. Le nombre de générations effectuées, que nous mentionnons pour chacune d'elles, n'a pas un caractère limitatif. En ce qui concerne *S. exigua* et *P. unipuncta*, il n'a pas été utile de placer individuellement les chenilles car, plus ou moins grégaires dans la nature, elles supportent bien les conditions de l'élevage en groupe. Cette dernière remarque concerne aussi *S. littoralis* bien que les résultats indiqués pour cette espèce aient été obtenus lors d'élevages individuels. En outre le comportement particulier des chenilles de *E. insulana* (POITOUT, BUES et LE RUMEUR, 1972) et de celles de *Sesamia nonagrioides* LEF. (2) nous a obligés, dans ces deux cas, à procéder à des élevages individuels en récipients indépendants.

Venant s'ajouter aux résultats énumérés dans le tableau 1, nous signalerons que deux *Arctiidae* (*Arctia caja* L. et *Lithosia quadra* L.) sont susceptibles d'être élevées avec la même technique et sur la formule de milieu artificiel présenté. Une souche de la première espèce a été maintenue au laboratoire pendant six générations alors que la seconde a été élevée pendant deux générations ; ce dernier résultat est une curiosité, car il s'agit d'une espèce inféodée aux lichens.

Dans un but pratique nous indiquons, pour les espèces les plus nuisibles et que nous avons le plus étudiées, les durées de développement larvaire et total (larvaire + nymphal) à 21° et 25°C, sous photopériode longue (16 h). Il s'agit, pour certaines espèces, de durées obtenues à chacune des températures sur des lots d'insectes d'origine différente ; elles n'ont donc qu'une valeur indicative.

En général, les chenilles des différentes espèces parviennent au début du 4e stade après une durée de développement d'une valeur de 7-8 jours à 25°C et de 10-11 jours à 21°C. C'est à cet âge qu'elles sont le plus souvent utilisées, au laboratoire ou au champ (infestation artificielle), pour réaliser des essais insecticides. Nous rappellerons que ce stade correspond également à celui où les chenilles sont changées de récipient d'élevage.

(1) Sels de WESSON de provenance : Touzard et Matignon, 3, rue Amyot, 75 Paris, pour la « Nutritional Biochemicals corporation » U. S. A.

(2) *E. insulana* et *S. nonagrioïdes* sont les deux seules noctuelles, parmi celles que nous avons élevées, qui pénètrent dans le milieu en y pratiquant des galeries.

TABLEAU I

Espèces de noctuelles élevés au laboratoire sur milieux artificiels simples

Espèces nuisibles régulièrement élevées au laboratoire

Espèces élevées	Nombre de générations	Durées moyennes de développement à 21°C (en jours)		Durées moyennes de développement à 25°C (en jours)	
		Larvaire	Total (1)	Larvaire	Total (1)
Groupe des *Trifinae*					
Scotia exclamationis L.	2	—	—	30,0	49,3
Scotia ipsilon HFN.	20	34,1	59,8	17,5	34,7
Scotia segetum SCHIFF.	3	39,3	69,9	34,6	53,1
Peridroma saucia HB.	3	—	53,5	—	33,8
Amathes c-nigrum L.	3	—	46,0	21,3	36,2
Noctua pronuba L.	2	35,5	67,1	— (4)	53,8 (4)
Mamestra oleracea L.	8	24,0	— (2)	17,8	— (2)
Mamestra brassicae L.	5	22,1	— (2)	15,6	— (2)
Pseudoletia unipuncta HAW.	5	21,9	39,2	18,4	32,9
Phlogophora meticulosa L.	3	30,6	59,5	— (4)	— (4)
Spodoptera exigua HB.	10 (3)	20,0	34,8	11,0	22,0
Spodoptera littoralis BOISD.	23	26,4	48,1	14,0	27,3
Chloridea peltigera SCHIFF.	3	—	—	—	27,8
Helicoverpa armigera HB.	3	20,5	46,0	15,5	29,4
Groupe des *Quadrifinae*					
Autographa gamma L.	2	—	31,2	12,1	19,5
Chrysodeixis chalcites ESP.	30	19,5	34,4	13,0	21,8
Earias insulana BSD.	9	—	—	13,3	26,8

Espèces élevées durant une ou deux générations à titre d'essai

Groupe des *Trifinae*	Groupe des *Quadrifinae*
Mamestra suasa SCHIFF.	*Trichoplusia ni* HB.
Mamestra W *latinum* HFN.	*Macdunnoughia confusa* STEPH.
Mythima L *album* L.	*Chrysaspidia festucae* L.
Discestra trifolii HFN.	
Haplodrina ambigua SCHIFF.	
Sesamia nonagrioides LEF.	
Pyrrhia umbra HFN.	
Chloridea viriplaca HFN.	

(1) Durée de développement larvaire + durée de développement nymphal.

(2) Espèces pouvant présenter, sous ces conditions, une diapause estivale au stade nymphal (POITOUT, BUES 1973).

(3) Sur un milieu artificiel complexe (POITOUT, BUES 1970), une souche de *S. exigua* a été par ailleurs maintenue au laboratoire pendant 80 générations.

(4) Température excessive pour les espèces concernées.

IV. — CONCLUSIONS

Tant du point de vue milieu que du point de vue technique, la méthode d'élevage que nous utilisons depuis deux ans paraît satisfaisante.

Le milieu artificiel est de constitution simple et relativement peu coûteux comparativement à beaucoup de milieux proposés par ailleurs ; l'agar en est le composant le plus onéreux. Avec 1 francs d'aliment (1973), il est possible d'élever 80 chenilles de *M. oleracea* (noctuelle de dimensions moyennes) ou 500 chenilles de *S. exigua* (espèce petite). Ces deux exemples permettent d'avoir une idée du coût de la nourriture pour réaliser un élevage des différentes noctuelles citées, sauf *N. pronuba* qui est plus grande. Cette formule d'aliment a par ailleurs l'avantage d'être rapidement adaptable à l'alimentation de nombreuses espèces phytophages.

La technique que nous employons pour élever individuellement les chenilles, en utilisant un matériel de fabrication simple, diminue considérablement les manipulations. En outre il suffit, pour maintenir un bon état sanitaire dans les élevages, de désinfecter les œufs et les différents éléments en PVC dans une solution contenant 1 p. 100 d'eau de javel de 39 degrés chlorométriques. L'immersion dure une quinzaine de minutes pour les œufs et deux heures au moins pour les récipients ; elle est suivie dans les deux cas d'un rinçage à grande eau. Quelques individus malades sont parfois décelés mais la maladie ne prend pas, dans ces conditions, le caractère épizootique que nous avons antérieurement observé (MEYNADIER, POITOUT et KUHL, 1969).

Toutefois, si la méthode d'élevage entre pour une grande part dans la qualité du matériel vivant produit, il est aussi indispensable, dans ce domaine, de tenir compte des conditions génétiques qui jouent un rôle important dans le déterminisme de la vigueur des individus élevés (BOESIGER, 1971 ; POITOUT, 1969, 1971). Enfin l'introduction d'une thermopériode journalière dans les élevages larvaires et nymphaux nous a montré certaines améliorations qui feront l'objet de publications ultérieures.

Reçu pour publication en février 1974.

SUMMARY

REARING LARVAE OF TWENTY-EIGHT SPECIES OF *NOCTUIDAE* AND TWO SPECIES OF *ARCTIIDAE* (LEPIDOPTERA) ON A SIMPLE ARTIFICIAL DIET. BREEDING PECULIARITIES ACCORDING TO THE DIFFERENT SPECIES

Twenty-eight species of *Noctuidae* and two species of *Arctiidae* have been reared on an artificial diet of a simple and cheap formula.

The method of individual rearing used for most of these species is given. Slight changes are outlined in order to make the diet suitable to some of the insects.

Seventeen of these species are economically important and have been particularly studied : the number of reared generations is given as well as the duration of the larval life and the total cycle at two temperatures.

The method allows a satisfactory experimental rearing and, if needed, a production of a fairly high number of insects.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERGER R. S., 1963. Laboratory techniques for rearing *Heliothis* species on artificial medium. *U. S. Dept. Agric., A. R. S.* 33-84, 4 p.

BOESIGER E., 1971. Problèmes liés à la structure génétique des populations naturelles. *Ann. Parasitol. hum. comp.*, **46** (3 bis), 17-34.

BURTON R. L., COX H. C., 1966. An automated packaging machine for Lepidopterous larvae. *J. econ. Entomol.*, **59**, 907-909.

GUENNELON G., 1968. L'alimentation artificielle des larves de Lépidoptères phytophages. *Ann. Epiphyties*, **19**, 539-570.

IGNOFFO C. M., BOENING O. P., 1970. Compartmented disposable plastic trays for rearing insects. *J. econ. Entomol.*, **63**, 1696-1697.

MEYNADIER G., POITOUT S., KUHL G., 1969. Une granulose, nouvelle affection de *Mamestra oleracea* (*Lepidoptera, Noctuidae*). *Entomophaga*, **14**, 421-427.

POITOUT S., 1969. La consanguinité chez les Lépidoptères *Noctuidae* ; mise en évidence de son importance dans la conduite d'élevages en conditions artificielles. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **2**, 79-91.

POITOUT S., BUES R., 1970. Élevage de plusieurs espèces de Lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **1**, 245-264.

POITOUT S., 1971. Influences relatives de la consanguinité et de l'alternance d'alimentation larvaire sur le potentiel de reproduction de *Spodoptera exigua* HB. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **3**, 455-463.

POITOUT S., BUES R., LE RUMEUR C., 1972. Élevage sur milieu artificiel simple de deux Noctuelles parasites du Coton *Earias insulana* BOISD., *Spodoptera littoralis* BOISD. *Entomol. exper. appl.*, **15**, 341-350.

POITOUT S., BUES R., 1972. Mise en évidence de besoins différents en acide linolénique entre Lépidoptères *Noctuidae Trifinae*, appartenant à différentes sous-familles, et Lépidoptères *Noctuidae Quadrifinae* de la sous-famille des *Plusiinae*. *C. R. Acad. Sc. Fr.*, Série D, **274**, 3113-3115.

POITOUT S., BUES R., 1973. Mise en évidence d'une diapause nymphale de type « estival » dans des populations européennes de deux Lépidoptères *Noctuidae Hadeninae* (*Mamestra oleracea* L. et *Mamestra brassicae* L.). Facteurs d'induction et aperçu sur la variabilité inter-population de ce caractère. *C. R. Acad. Sc.*, Série D, **276**, 3367-3370.

RAULSTON J. R., LINGREN P. D., 1969. A technique for rearing larvae of the bollworm and tobacco budworm in large numbers. *J. econ. Entomol.*, **62**, 959-961.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 443-448.

ACTION DE LA RÉSERPINE SUR LES MÂLES DE *DACUS OLEAE* GMEL.

E. FYTIZAS

Institut phytopathologique Benaki,
Kifissia-Athènes (Grèce)

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur l'action de la réserpine sur les mâles de *Dacus oleae*. La réserpine réduit la vigueur sexuelle, sans inhiber en même temps la spermatogenèse. La respiration et le métabolisme général de l'insecte sont aussi réduits ; cette réduction est pourtant temporaire, l'insecte récupérant ses activités peu après la fin du traitement.

INTRODUCTION

GOLDSMITH (1960), HAYS (1965), BENSCHOTER (1966), WICHT et HAYS (1967) et FYTIZAS et BACOYANNIS (1968) utilisèrent la réserpine sur les femelles de différents Diptères. La réserpine, administrée par voie orale, inhiba complètement ou partiellement la ponte chez les différentes femelles utilisées au cours de ces expériences.

La réduction d'un mécanisme chez les femelles par la réserpine pourrait être la conséquence de la perturbation d'un système, analogue du système adrénergique des Mammifères, sensible à la réserpine. Ce système pourrait être perturbé aussi bien chez les mâles que chez les femelles des Diptères.

Le but du présent travail est l'examen d'un effet éventuel de la réserpine sur les mâles de *Dacus oleae* GMEL., les femelles de cette espèce étant connues comme sensibles à cette substance (FYTIZAS et BACOYANNIS, 1968). Au cours de cette expérience sont examinées la spermatogenèse, la vigueur sexuelle, la respiration et la longévité après administration de la réserpine à 0,1 p. 100, concentration trouvée efficace pour l'inhibition complète de la ponte.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les insectes utilisés au cours de cette expérience étaient élevés au laboratoire sur des olives ; ils séjournaient dans des cages de 30 × 30 × 30 cm (20 couples ou 40 mâles par cage). Ils recevaient la nourriture standard des adultes des Trypétides, constituée de levure hydrolysée, de sucre et d'eau, dans la proportion 1 : 4 : 5, un sirop de sucre et d'eau (1 : 1), contenant la réserpine à 0,1 p. 100, préalablement émulsifiée au Tween 80, remplaçait la nourriture ordinaire pendant le traitement.

Pour l'examen de l'effet de la réserpine sur la respiration, la vigueur sexuelle et la spermatogenèse le sirop contenant la réserpine fut offert aux mâles pendant cinq jours, soit entre le 5e et le 10e jour après la sortie des adultes. Pour les observations sur la longévité des Dacus mâles 40 couples, répartis dans deux cages, reçurent le sirop contenant la réserpine dès la sortie des adultes, et jusqu'à la fin de leur vie ; 40 autres couples reçurent pendant toute leur vie le même sirop, mais exempt de réserpine, et servirent de témoins.

Le contrôle de la respiration fut effectué un, trois et cinq jours après le traitement, au moyen d'un respiromètre de Warburg. Furent utilisés cinq mâles traités et cinq mâles témoins. Les résultats sont basés sur la moyenne de la consommation d'oxygène (moyenne de huit mesures) de chaque individu pendant huit heures.

Pour le contrôle de la vigueur sexuelle, 160 femelles vierges étaient quotidiennement introduites dans deux cages de mâles traités et dans deux de mâles témoins ; les femelles y séjournaient pendant l'après-midi et la nuit, et étaient sacrifiées le lendemain ; leurs spermathèques étaient examinées au microscope et le pourcentage des spermathèques inséminées était retenu comme critère de la vigueur sexuelle.

Deux cages avec 80 mâles traités et deux avec 80 mâles témoins furent utilisées pour le contrôle de la spermatogenèse. Un lot de 16 individus traités et de 16 témoins étaient sacrifiés quotidiennement (entre le 5e et le 10e jour) ; leurs testicules étaient examinés au microscope, après coloration au carmin acétique et écrasement sur lame. La spermatogenèse est exprimée par le pourcentage de mâles ayant des gonies en caryocinèse.

La température, l'humidité relative et l'éclairement étaient respectivement : 21° à 24°C, 48 à 63 p. 100 et 1 000 à 1 200 Lux (pour une photopériode de 12 heures).

RÉSULTATS

Au cours de cette expérience on a pu constater que :

1. L'apathie fut le caractère prédominant de la symptomatologie du traitement ; ce symptôme persista même après le traitement. Les Dacus mâles traités restaient complètement indifférents aux changements de nourriture, à la présence des femelles et à certaines manipulations effectuées dans leurs cages. Le maximum de l'apathie fut observé chez les insectes qui reçurent la réserpine pendant toute leur vie : dès le 15e jour, les déplacements devinrent rares et lents ; au 30e jour, les seuls mouvements observés étaient consacrés à la prise de la nourriture.

2. La respiration fut réduite pendant le traitement et au moins un jour après : la différence de la quantité d'oxygène consommée par les Dacus mâles traités et normaux un jour après le traitement est statistiquement significative, même pour $P = 0{,}01$. Cette différence n'est plus significative 3 jours et 5 jours après le traitement (tabl. 1).

3. La vigueur sexuelle fut inexistante pendant le traitement ; trois jours après la vigueur commença à réapparaître, atteignant le niveau normal 6 jours après le traitement (fig. 1).

TABLEAU I

Consommation d'oxygène (2) (µl d'O_2/individu/heure) *chez les mâles de* Dacus oleae, *après une intoxication à la réserpine* (0,1 p. 100)

Dacus mâles	Absorption d'oxygène après le traitement		
	1 jour	3 jours	5 jours
Traité	11,56 8,32 10,63 7,01 9,90	14,22 10,42 13,80 9,56 12,36	13,15 14,42 12,42 13,18 13,79
Moyenne ± écart-type	9,48 ± 1,82	12,07 ± 2,05	13,37 ± 0,78
Témoin	15,33 13,34 14,79 17,73 13,53	13,73 15,93 10,87 13,02 11,42	12,48 13,34 15,00 14,12 15,06
Moyenne ± écart-type	14,95 ± 1,76	12,99 ± 2,01	14,00 ± 1,15

(1) Moyenne de huit mesures.

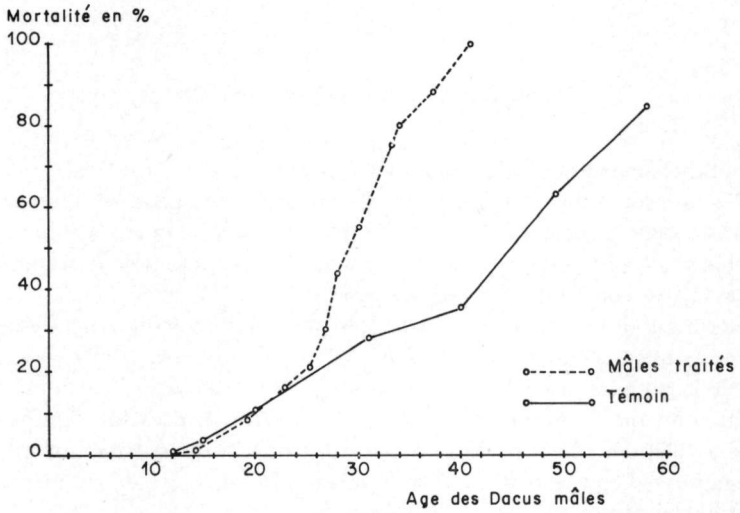


FIG. 1. — *Effet de la réserpine à 0,1 p. 100, administrée continuellement aux mâles de* Dacus oleae, *sur la longévité de cet insecte*

La nourriture était constituée de sucre et d'eau à raison de 1 : 1

4. La spermatogenèse ne fut pas perturbée : le pourcentage de mâles ayant des spermatogonies en mitoses oscilla, pendant les cinq jours du traitement, entre 32 et 67 p. 100 aussi bien chez les insectes traités que chez les témoins.

5. La réserpine, administrée pendant cinq jours, fut sans effet létal. La longévité ne fut troublée que lorsque la réserpine fut administrée pendant toute la vie des adultes et dès le premier jour après la sortie (fig. 2) ; même dans ce cas la moitié des insectes traités étaient encore vivants le 30e jour du traitement.

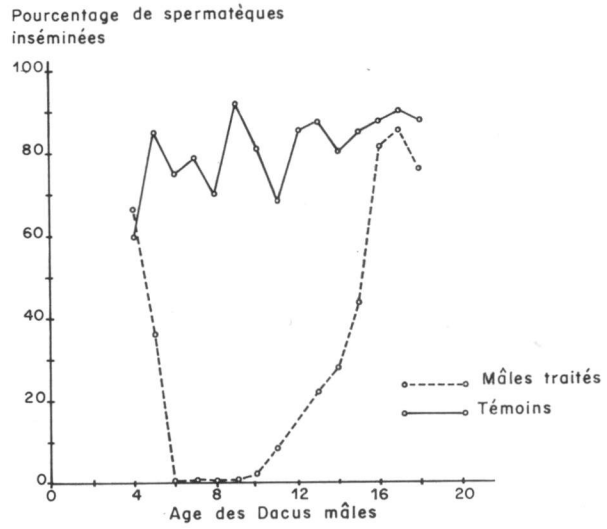


FIG. 2. — *Effet de la réserpine sur la vigueur sexuelle des mâles de* Dacus oleae
La réserpine était offerte dans un sirop de sucre et d'eau (1 : 1), à la concentration de 0,1 p. 100 pendant 5 jours (du 5e au 10e jour après la sortie)

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le métabolisme général des mâles de *Dacus oleae* fut considérablement abaissé pendant les cinq jours du traitement à la réserpine. Cette baisse se manifesta par une insensibilité à tout ce qui est considéré ordinairement comme stimulus pour les mâles normaux de cette espèce ; elle coïncida avec la réduction de la respiration et de certaines activités comme la vigueur sexuelle.

Le maximum de la réduction des activités fut observé lorsque les insectes reçurent la réserpine continuellement. Même dans ce cas les insectes continuèrent à vivre, l'absence de la plupart des activités permettant de penser à une vie latente. Ce n'est qu'au bout d'un mois que la mortalité chez les mâles traités fut significativement supérieure à celle des témoins. Notons pourtant que la nourriture, constituée seulement de sucre et d'eau, est un facteur écourtant la longévité des adultes de cet insecte (FYTIZAS et MOURIKIS, 1972).

La réserpine inhiba la vigueur sexuelle de *Dacus oleae* mâles, sans que pour autant la spermatogenèse fût affectée. Un phénomène analogue a été observé chez les femelles

de cet insecte : le mécanisme de la ponte fut inhibé par la réserpine à 0,1 p. 100 pendant le traitement, tandis que l'évolution des oocytes continuait normalement (FYTIZAS et BACOYANNIS, 1968). Ainsi, le mécanisme de l'évolution des gamètes chez les deux sexes serait à l'abri de l'action de la réserpine (au moins à la concentration de 0,1 p. 100) et serait indépendant de ceux de la ponte et de la vigueur sexuelle des mâles ; les systèmes enzymatiques ou hormonaux stimulant ces mécanismes seraient différents.

Reçu pour publication en mars 1974.

SUMMARY

ACTION OF RESERPINE ON MALES OF *DACUS OLEAE* GMEL.

This study concerns with the action of reserpine on males of *Dacus oleae*. The reserpine reduces the sexual vigour but at the same time without inhibiting the spermatogenesis. Respiration and general metabolism of insect are also reduced ; however, this reduction is temporary, as the insect regains its activities just after the end of treatment.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BENSCHOTER C. A., 1966. Reserpine as a sterilant for the Mexican fruit fly. *J. econ. Entomol.*, **59** (2), 333-334.

FYTIZAS E., BACOYANNIS A., 1968. Action de la réserpine sur l'oviposition de *Dacus oleae* GMEL. *Ann. Epiphyties*, **19** (4), 623-628.

FYTIZAS E., MOURIKIS P. A., 1972. Quelques observations sur la longévité de *Dacus oleae* GMEL. à l'état d'adulte. *Z. angew. Entomologie*, **59** (1), 105-111.

GOLDSMITH E. D., 1960. Potentiating action of the antifolics on *Drosophila melanogaster*. *Proc. 11th intern. Congr. Entomol. Montreal*, **2**, 602-605.

HAYS S. B., 1965. Some effects of reserpine, a tranquilizer, on the house fly. *J. econ. Entomol.*, **58**, 782-783.

WICHT M. C., HAYS S. B., 1967. Effect of reserpine on reproduction of the house fly. *J. econ. Entomol.*, **60** (1), 36-38.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 449-462.

SOME ASPECTS OF GROWTH IN LABORATORY MICE (STATISTICAL ANALYSIS OF A FAMILY OF GROWTH CURVES)

J. ESTEVE et E. SCHIFFLERS

Section de Biologie générale et appliquée,
Université Claude-Bernard, Lyon I,
69100 Villeurbanne

SUMMARY

Assume n growth curves $W_i(t)$ where $1 \leqslant i \leqslant n$ and $1 \leqslant t \leqslant p$. We fit all the curves at the same time by projection of the n points $\mathbf{W}_i$ of the space R^p on the nearest linear manifold of d dimensions, d being smaller than p. This latter space depends on the set of curves under study which makes statistical inference difficult ; however this dependence permits better precision in the description of experimental results.

Growths of two strains of mice (C_3H, C57Be) and their hybrids have been characterized by this approach. A three generation study shows the usefulness of the method for analyzing the influence of heredity on growth.

INTRODUCTION

This paper analyzes the growth of two inbred strains of mice by a method of regression on principal components.

Two mathematical methods have been used to study growth curves :

1. A theoretical model, the equations of which are deduced from various biological considerations, is fitted to observed curves. Related ideas are discussed in VON BERTALANFFY (1960).

2. Following the classical work of WISHART (1938) orthogonal polynomials are fitted to individual growth curves and statistical analyses are made on the parameters so defined ; RAO (1972) described the latest improvements in this method. Although the latter is efficient from a statistical view point, these two methods have not always permitted an adequate analysis of growth.

We first associated with each individual growth curve a vector $\mathbf{W}$ of p dimensions having daily weights as coordinates. Fitting either above model to the observed curves is equivalent to replacing $\mathbf{W}$ by a parameter vector of fewer dimensions (d). Description of the observed curves was unsatisfactory with both above methods so we then developed a multivariate technique that yields a similar reduction of data by fitting a set of orthogonal functions — calculated from the data themselves — to each observed curve.

The process is technically similar to principal component analysis, but the interpretation of the results is quite different.

METHOD OF FITTING

A. — *Mathematical results*

Let $\mathbf{X}$ be a random vector in R^p, $\mathbf{\Sigma}$ the matrix $E[\mathbf{XX}']$, $\|\mathbf{X}\| = (\mathbf{X}'\mathbf{GX})^{1/2}$ the norm in this space where $\mathbf{G}$ is a symmetric positive matrix. And let $\mathbf{B}$ be the matrix of a linear operator of rank d in R^p. We shall use the following classical results (shown in appendix).

The function $\mathfrak{L}(\mathbf{B}) = E[\|\mathbf{X} - \mathbf{BX}\|^2]$ is minimum when $\mathbf{B}$ is the matrix $\mathbf{P}$ of the orthogonal projection on the linear manifold spanned by d eigen vectors of $\mathbf{\Sigma G}$, associated respectively to the d largest eigen values $\sigma_1^2 \geqslant \sigma_2^2 \cdots \geqslant \sigma_d^2$.

Choose these eigen vectors $\mathbf{U}_k$ such that

$$\mathbf{U}_k'\mathbf{G}\mathbf{U}_l = \delta_{kl} \qquad 1 \leqslant k \leqslant l \leqslant d \tag{1}$$

where δ_{kl} is the Kronecker symbol, then

$$\mathbf{PX} = \sum_{k=1}^{d} a_k \mathbf{U}_k \qquad \text{where} \qquad a_k = \mathbf{X}'\mathbf{G}\mathbf{U}_k \tag{2}$$

$$E[a_k a_l] = \delta_{kl}\sigma_k^2 \tag{3}$$

$$\mathfrak{L}(\mathbf{P}) = E[\|\mathbf{X} - \mathbf{PX}\|^2] = \sum_{i=d+1}^{p} \sigma_i^2 \tag{4}$$

define

$$\boldsymbol{\epsilon} = \mathbf{X} - \mathbf{PX}$$

then

$$E[\boldsymbol{\epsilon} a_k] = 0 \qquad 1 \leqslant k \leqslant d \tag{5}$$

B. — *Application to growth curves*

Assume n growth curves $W_i(t)$ where $1 \leqslant i \leqslant n$ and $1 \leqslant t \leqslant p$ and define $\mathbf{X}_i = \mathbf{W}_i - \overline{\mathbf{W}}$ where

$$\overline{\mathbf{W}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \mathbf{W}_i \tag{6}$$

The above classical results applied to

$$\mathbf{\Sigma} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \mathbf{X}_i\mathbf{X}_i' \tag{7}$$

shows that

$$\mathfrak{L}(\mathbf{P}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \|\mathbf{X}_i - \mathbf{P}\mathbf{X}_i\|^2 \tag{8}$$

is the minimum of the function $\mathfrak{L}(\mathbf{B})$.

After slight modifications, equations (2), (3), transform to :

$$W_i(t) = \overline{W}(t) + \sum_{k=1}^{d} \alpha_{ki} V_k(t) + \varepsilon_i(t) \tag{2'}$$

$$\alpha_{ki} = a_{ki}/\sigma_k = (1/\sigma_k)\mathbf{X}_i'\mathbf{G}\mathbf{U}_k \tag{2''}$$

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ki}\alpha_{li} = \delta_{kl} \qquad 1 \leqslant k \leqslant l \leqslant d \tag{3'}$$

where

$$\mathbf{V}_k = \sigma_k \mathbf{U}_k \tag{9}$$

Thus a growth curve appears to be a linear combination of d functions of time plus an error $\varepsilon_i(t)$; moreover its coefficients have unit variance and no correlation in the set under study.

The magnitude of the error term is measured by

$$\mathfrak{L}(\mathbf{P})^{1/2} = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \|\boldsymbol{\epsilon}_i\|^2\right)^{1/2} = \left(\sum_{k=d+1}^{p} \sigma_k^2\right)^{1/2} \tag{4'}$$

a quantity smaller than or equal to that yielded by any other system of d functions of time. And there is no sample correlation between the coefficients and the errors :

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ki}\varepsilon_i(t) = 0 \qquad 1 \leqslant k \leqslant d, \qquad 1 \leqslant t \leqslant p \tag{5'}$$

C. — *Definitions*

In order to facilitate presentation of results we define

a) $V_k(t)$ as the eigen functions of the n curves.

b) The parameter α_{ki} as the kth coordinate of the ith individual.

c) The function

$$W_i^*(t) = \overline{W}(t) + \sum_{k=1}^{d} \alpha_{ki} V_k(t) \tag{10}$$

as the adjusted curve of the ith individual.

d)
$$\Psi = 1 - \frac{\sum_{k=d+1}^{p} \sigma_k^2}{\sum_{k=1}^{p} \sigma_k^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \|\mathbf{W}_i^* - \overline{\mathbf{W}}\|^2}{\sum_{i=1}^{n} \|\mathbf{W}_i - \overline{\mathbf{W}}\|^2} \tag{11}$$

This coefficient provides a measure of the goodness of fit for the chosen criterion.
e) Since $\mathbf{X}_i = \mathbf{W}_i - \overline{\mathbf{W}}$, it is seen from (3′) and (5′) that the sample covariance between the kth coordinate and the weight at age t, is given by

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_{ki}X_i(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{d}\alpha_{ki}\alpha_{li}V_l(t) + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_{ki}\varepsilon_i(t) = V_k(t) \qquad (12)$$

hence the correlation between the same variables

$$R_k(t) = V_k(t)/s(t) \qquad (13)$$

where

$$s^2(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}X_i^2(t) \qquad (14)$$

ORIGIN OF THE DATA

The six hundred mice used in this experiment were kept under constant conditions. Each mouse was weighed daily to the nearest decigram from birth (day 0) up to day 39. That period approximatively spans the infancy and adolescence of a normal mouse. The animals were split into several genetic groups. Generation O originated from two inbred strains (C3H, C57Bl) and was divided into four groups hereafter referred to as C♂, C♀ (C3H strain), and B♂, B♀ (C57Bl strain). Generation 1 was obtained by mating animals of generation 0 ; it was split into eight groups.

TABLE I

Experimental plan and group genetic composition

C 20 27				B 25 22				Generation 0 ♂ 45 ♀ 49
CC 17 21		CB 17 23		BC 37 40		BB 16 20		Generation 1 ♂ 87 ♀ 104
CCCB 20 20	CBCC 25 17	BCCC 17 27	CCBC 19 22	CBBB 17 14	BBCB 25 23	BCBB 13 25	BBBC 19 16	Generation 2 ♂ 155 ♀ 164

In each box appear vertically : group letter, number of males, number of females.
Totals for each generation are shown on the right.

For example a CB♂ mouse is a male of generation 1 whose mother is C♀ and father B♂. All individuals in BB and CC groups were obtained by sib mating. Generation 2 was obtained by mating generation 1 individuals, but all possible crosses were not made because of space limitations. Out of the 64 possible groups only sixteen were realized. These sixteen resulted from parents one of which was inbred and the other hybrid. Table 1 summarizes the experimental plan. BB++ denotes mice whose inbred parent was BB ; CC++, BC++, and CB++ mice are defined similarly. The detailed results in « Data analysis » concern males of generation 2. Other results are summarized in the « discussion ».

DATA ANALYSIS

The choice of the matrix $\mathbf{G}$, which defines the norm in R^p (see « Method of fitting ») has to be made according to the relevance of the various time points to the interpretation of the experiment. In this study we used the norm defined by the diagonal matrix with elements $1/s^2(t)$ (cf (14)), then,

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\|\mathbf{X}_i\|^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{p}X_i^2(t)/s^2(t) = \sum_{t=1}^{p}\left\{(1/s^2(t)) \times \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}X_i^2(t)\right\} = p \qquad (15)$$

The time points each have the same weight in this equation and their contributions are all independant of each other (1) The eigen values given by the analysis in « Method of fitting » using the above matrix on all curves of males are found in table II where it is seen that $\Psi = .943$ for $d = 4$.

TABLE 2

Eigen values for data analysis matrix

Eigenfunctions	V_1	V_2	V_3	V_4
Eigenvalues	30.53	3.99	2.34	0.88
Ψ	0.763	0.863	0.921	0.943

Using the formula (2'') we calculate the values of α_{ki} $1 \leqslant k \leqslant 4$ for each individual i, the growth of which is now defined by the four coordinates. We examine the distribution of $(\alpha_{ki}, \alpha_{li})$ in the various experimental subgroups to look for observable genetic differences between groups. However this is only possible if we know the influence of coordinate values on the shape of a growth curve, that is to say the correlation between individual coordinates and weights. The four functions $R_k(t)$ provide the relevant sample correlation. They are plotted in fig. 1 except

(1) So defined the problem is technically the same as that of principal component analysis of the correlation matrix $\mathbf{G}^{1/2}\mathbf{\Sigma}\mathbf{G}^{1/2}$; with this choice of $\mathbf{G}$, the corresponding standard subroutines can be used.

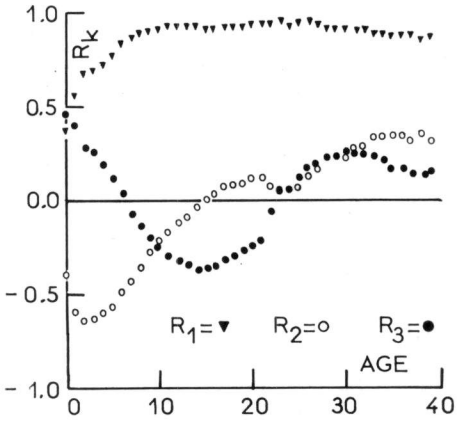


FIG. 1. — *Correlation between coordinates and daily weights*
$R_k(t)$ is the correlation coefficient between the *kth* coordinate and the eight at day t (birth is at day o)

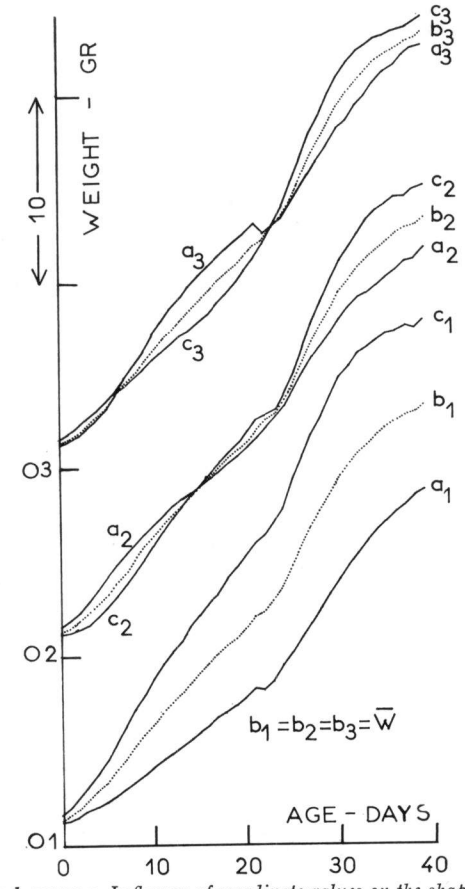


FIG. 2. — *The « k curves ». Influence of coordinate values on the shape of growth curves*

The curves a_k, b_k, c_k allow interpretation of the *kth* coordinate. For these curves all the coordinates have mean values except the *kth* which has values — 2, o, 2 respectively. o1, o2 and o3 are origins corresponding to the three sets of curves.

the fourth one which did not provide a meaningful interpretation. The first coordinate has a high correlation ($R_k(t)$ about 0.9) with weight at any age except during the first four days. As a consequence the individuals with large α_1 are those with a growth curve which exceeds the mean *at each age*. More precisely, if we vary only the first coordinate we can see that this has the same effect as choosing a scale factor, and the influence of a given value on the shape of the curve is negligible. In particular, the influence on weight is the same in childhood and in adolescence. On the contrary, examination of fig. 1 shows that the values for coordinates 2 and 3 affect the shape of a curve. To determine this dependence we calculate, by formula (10), adjusted curves choosing mean or extreme values for the coordinates α_{kl}. These curves are plotted on fig. 2 ; a_k, b_k, c_k designate respectively curves with a low (— 2), mean (0), or large (2) value for the kth coordinate and mean values (0) for the others. We refer to this ensemble of curves as the « k curves ».

The influence of α_1 is as described above and we can specify the dependence of weight on the two other coordinates. The zeros of the function $R_k(t)$ give the values for the t coordinate at the intersections of the k curves. The 21st day corresponds to weaning of mice. Near this time point, the shape of the k curve is greatly affected by the value of the third coordinate and to a lesser extent by that of the second. The level of the first coordinate only has a notable influence on the weight value this 21st day. Several authors (BUTLER and METRAKOS (1950), YOUNG *et al.* (1965), among others), have shown that at the 15th day the foster effect is about maximum.

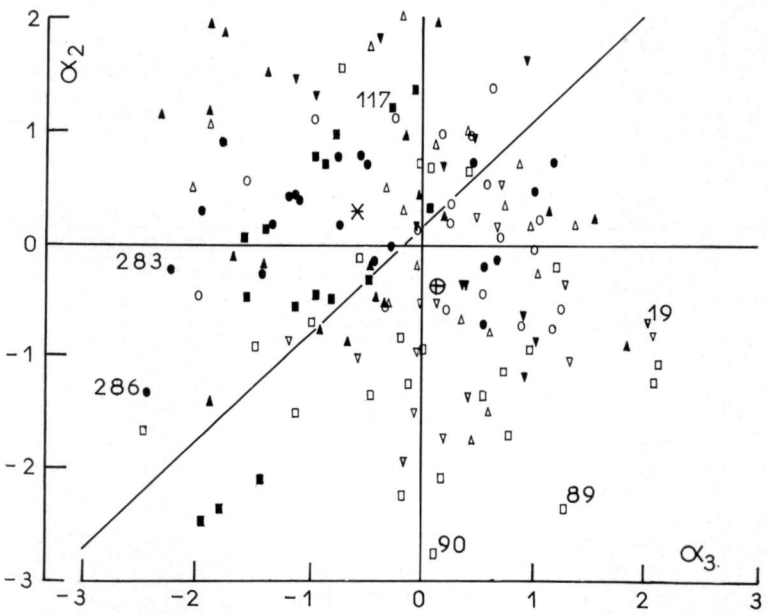


FIG. 3. — *Generation 2 individuals in the plane of the 2nd and 3rd coordinates*

The symbolism is as follows :

○ CCCB	□ CBCC	△ CCBC	▽ BCCC
● BBCB	■ CBBB	▲ BBBC	▼ BCBB

The diagonal graphs the discriminant function between individuals with open symbols and individuals with filled symbols. The symbols X, ⊕ represent respectively the means of the 2 groups. The numbered points correspond to individuals whose growth curves are found in fig. 5.

It is also the date for stopping an exclusive milk diet. This time point is a zero of $R_2(t)$, therefore the second coordinate has no influence on weight the 15th day; it is striking that the third coordinate then has its greatest effect. The same type of opposition, due to orthogonality, is seen at the seventh day.

We are now capable of studying the graph made from individual values of the coordinates α_k. Fig. 3 is a plot of α_2 against α_3 for all second generation males. The diagonal is the geometric representation of the discriminant function between the BB++ group (filled symbols) and the CC++ group (open symbols). The distribution of the BB++ and CC++ points on both sides of this line is worth noting. The dispersion of these points about the diagonal should be associated with the difference between the two mean curves (fig. 4, table 3). This difference is even more evident

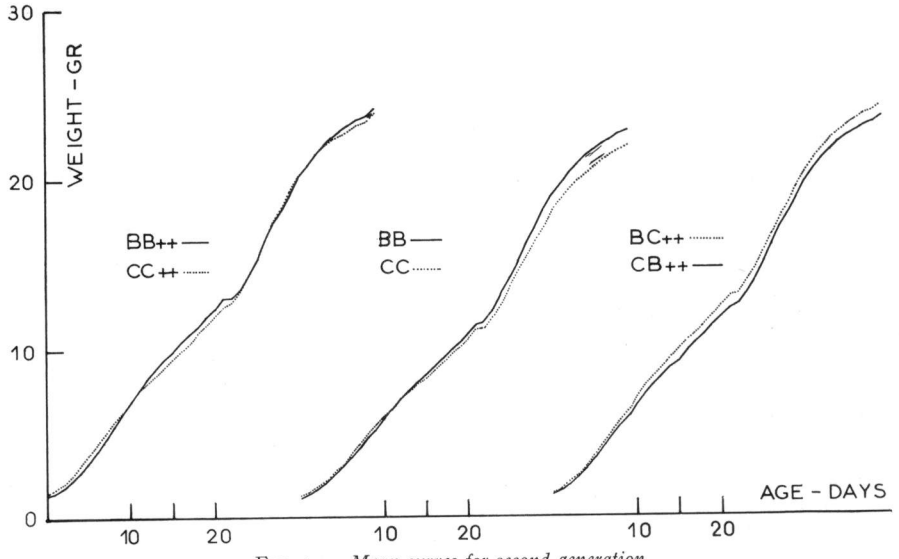


FIG. 4. — *Mean curves for second generation*
Coordinate values for these curves are found in table 3.
No data points are shown since adjusted and observed curves coïncide for the scale shown

TABLEAU 3

Coordinate values for figures 4 and 5

Mouse n°	α_1	α_2	α_3	α_4	Group	α_1	α_2	α_3	α_4
117	0.604	1.542	— 0.140	— 0.396	BB++	0.302	0.291	— 0.571	0.094
19	— 0.031	— 0.670	1.971	0.287	CC++	0.302	— 0.375	0.161	— 0.930
286	0.727	— 1.305	— 2.401	— 0.151	BB	— 0.364	0.436	0.024	0.489
90	0.166	— 2.412	0.135	— 0.162	CC	— 0.486	— 0.209	— 0.114	0.489
283	0.827	— 0.239	— 2.205	0.116	BC++	0.441	— 0.079	— 0.284	— 0.098
89	1.084	— 2.026	1.278	— 0.044	CB++	0.123	— 0.029	— 0.068	0.137

between curves for individuals (fig. 5), which correspond to the numbered points on figure 3 and table 3. The variation in shape of these curves is strongly consistent within each parental line as can be seen in the mean curves for CC and BB groups : there is a changeover about 10 days after birth and an increasing difference between the two strains as the mice approach maturity. Our method permits distinguishing apparently similar growth curves as shown by the great separation of points 89 and 283 on figure 3 whereas the two individuals have very similar weights (fig. 5). Figure 5 demonstrates that fitting is satisfactory for individual curves. One cannot distinguish between observed and adjusted mean curves with the scale of figure 4, hence observed points are not shown. It is worth noting that the BC++ and CB++ mean curves, which do not intersect, differ chiefly in the value of the first coordinate whereas the first coordinate has exactly the same value for the BB++ and CC++ mean curves.

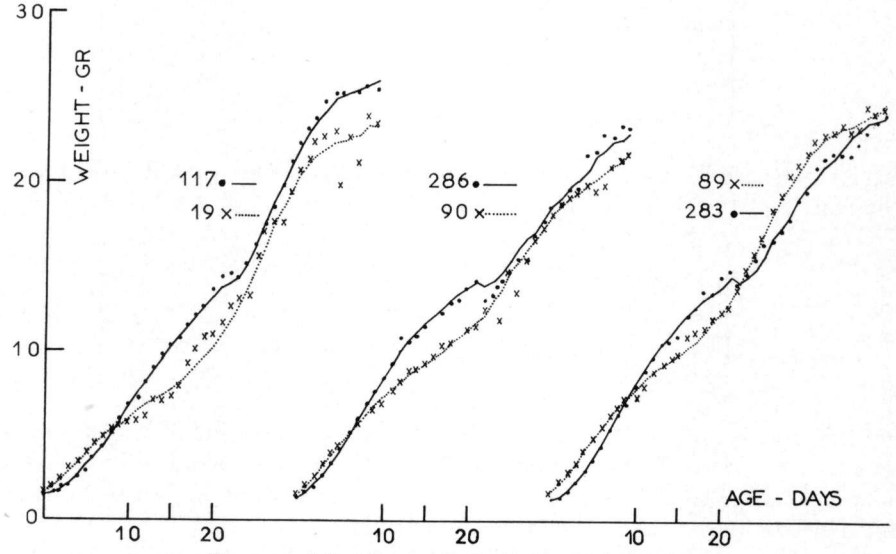


FIG. 5. — *Adjusted curves and experimental data points. Solid lines belong to BB++ group and dotted curves* (whose data points are *x's*) *to CC++ group*

The numbers refer to fig. 3 and table 3. The symbols • and × represent observed weights

DISCUSSION

The above data analysis involves some arbitrariness in the choice and scale of the weight variable : for example one can use logarithm of weight, weight itself, or their increments and these quantities can be measured from any origin with an arbitrary norm. In experiments such as the one described here the choice cannot easily be determined by statistical model hypotheses, which are generally too restrictive. But various biological considerations and simple statistical investigation, such as the use of graphs or direct examination of correlation matrix, limit the field of choices. The value of a remaining alternative is judged by its ability to give meaningful results.

We separated the study of males and females because their growth curves are very different in all respects (the magnitude of this difference would have hidden the most interesting results). The choice of $\overline{W}(t)$ as origin is then natural since all curves for males have the same basic shape ; analysis from a different origin would provide a supplementary coordinate for constructing this shape. The relative magnitude of this coordinate would be proportional to the distance between the new origin and the mean $(\overline{W}(t))$.

Besides the matrix **G** used in this analysis two others are of interest :

1. The identity matrix which increases the importance of adolescence (last twenty days of the curves) in interpreting the results.

2. The pxp matrix

$$\begin{bmatrix} 1 & -\rho & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & -\rho & 1 \end{bmatrix}$$

which is often used in growth study (POTTHOFF and ROY (1964)), for it is the inverse of the matrix of the simple correlation model :

$$\frac{1}{1-\rho^2}\begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \cdot & \cdot & \cdot & \rho^{p-1} \\ \rho & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \rho^{p-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \rho^{p-1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}$$

Using this matrix would decrease the distance between individuals which are only different by the above first coordinate. As shown in figure 2, weight differences are then of constant sign. This norm allows the use of curve shape as principal criterion in the analysis, rather than absolute value of weight.

There are few analyses of the influence of heredity on growth, and those existing are within the framework of quantitative genetics. Most of the results (see in particular KIDWELL *et al.*, 1969 *a* and *b*, 1970) concern classical aspects of quantitative inheritance such as heterosis (hybrids are healthier than inbreds) or reciprocal effects (offspring of a B mother and C father differ from those of a C mother and a B father). The first coordinate of our analysis permits us to distinguish hybrids from inbreds, or one reciprocal hybrid from another, thus allowing the completion of the analysis of reciprocal and heterotic effects. The means for this first coordinate within each inbred line also have very different values in generations 0 and 1. This latter fact could be explained by variation in food (pellet quality may vary with season), and is related to the classical observation that quantitative characters are more sensitive to environmental influence in inbred lines than in corresponding hybrid lines. These results and those discussed above in greater detail suggest that it is possible to tackle a genetics problem related to growth by careful investigation of a few generations only (F_1 and F_2). Further experiments are required, however, to complete the analysis in terms of Mendelian inheritance.

The dependence of the vectors $\mathbf{U}_k$ on the set of curves under study makes

statistical inference difficult. Although the tests are not exact, one can use multivariate procedures on the coordinates as suggested by RAO (1958), who conceived a similar analysis of growth curves. Thus Hotelling's T^2 test allows comparison between genetic groups of the means for all linear combinations of coordinates, and confirms the significance of the above described differences. The interpretation of this test is as follows : assuming that the points of R^p corresponding to the theoretical mean curves lie in the linear subspace spanned by the vectors $\mathbf{U}_k$, we decide that two of these points have different positions in this space whenever the associate T^2 test is significant. Comparison of coordinates and of their linear combinations then allows interpretation of these differences in position. A more objective statistical method consists of a similar comparison of linear combinations of weights having values sensitive to the differences in shape revealed by the analysis of the preceding section. For example : *i*) average weight from birth through twenty days ; *ii*) difference between average weight from birth to tenth day and eleventh day to twentieth day.

Statistical inference thus appears possible with the present method ; however the superior descriptive power of the latter for experiments such as the above make it advantageous even in the absence of statistical inference. If Ψ is near 1.0 when d is sufficiently small, such an analysis retains the most part of the relevant information in a few simple meaningful parameters. Experiment design for more precise results is then made easier.

Reçu pour publication en mars 1974.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Professor G. LEFORT, Professor J. M. LEGAY, Drs G. GERARD and R. GRANTHAM, for consultation and help in preparing the manuscript.

RÉSUMÉ

QUELQUES ASPECTS DE LA CROISSANCE CHEZ LES SOURIS DE LABORATOIRE (ANALYSE STATISTIQUE D'UNE FAMILLE DE COURBES DE CROISSANCE)

Cet article analyse la croissance de deux lignées pures de souris (C_3H, $C_{57}B_1$) et de leurs hybrides à l'aide de données obtenues sur trois générations (table 1). On montre qu'une étude soigneuse de la famille de courbes individuelles obtenues permet, malgré le petit nombre de générations utilisé, une analyse cohérente et une interprétation.

L'examen de six cents courbes individuelles de croissance (24 000 points expérimentaux) pose de façon cruciale le problème de la réduction des données : chaque courbe doit être caractérisée par les valeurs d'un petit nombre de paramètres interprétables. L'ajustement de modèles de croissance ou de polynomes fournit une telle réduction à l'aide de paramètres dont la signification est donnée *a priori* ; la méthode utilisée dans cet article, appelée quelquefois régression sur les composantes principales, fournit des paramètres dont l'interprétation doit être faite *a posteriori* ; ce fait a souvent rendu son usage délicat. L'idée de base est de projeter les n courbes de croissances obtenues $W_i(t)$ $1 \leqslant i \leqslant n$, $1 \leqslant t \leqslant p$, considérées comme des vecteurs de R^p, sur la variété linéaire de dimension d la plus proche ; les coordonnées de la projection d'une courbe, dans une base convenable de cette variété, sont les paramètres qui remplacent les p points expérimen-

taux de la courbe ; le poids observé $W(t)$ apparaît ainsi comme une combinaison linéaire de d fonctions du temps $V_k(t)$ qui caractérisent la famille dans son ensemble. En particulier les zéros de ces fonctions permettront de retrouver les dates caractéristiques de la croissance (6-7^e jour, 15^e jour, 21^e jour). Nous proposons par ailleurs une méthode qui permet de dégager la signification des paramètres de façon automatique (fig. 2).

La variété linéaire obtenue dépend de la famille de courbes étudiée et de la notion de proximité choisie dans l'espace R^p. Ces faits rendent l'inférence statistique traditionnelle difficile ; nous proposons néanmoins des méthodes pour tester la signification des différences observées.

Le fait de pouvoir caractériser des courbes de croissance correspondant à des structures génétiques différentes par la valeur d'un petit nombre de paramètres d'interprétation simple (fig. 3) permet de penser que des recherches dans le domaine de la sélection, de l'effet de l'alimentation et des autres conditions d'élevage pourraient passer par l'examen de paramètres du type de ceux étudiés dans cet article.

REFERENCES

BERTALANFFY L. (Von) 1960. Principles and theory of growth. In : *Fundamental aspects of normal and malignant growth*. Ed. Novinsky W. W. Elsevier.

BUTLER L., METRAKOS J. D., 1950. A study of the size inheritance in the house mouse. I. The effect of milk source. *Can. J. Res.*, D, **28**, 16-34.

KIDWELL J. F., HOWARD A., 1969 *a*. The inheritance of growth and form in the house mouse. I. A diallel analysis of weight from birth through ten weeks. *Growth*, **33**, 269-291.

KIDWELL J. F., HOWARD A., LAIRD A. K., 1969 *b*. The inheritance of growth and form in the house mouse. II. The Compertz growth equation. *Growth*, **33**, 339-352.

KIDWELL J. F., HOWARD A., 1970. The inheritance of growth and form in the house mouse. III. Orthogonal Polynomials. *Growth*, **34**, 87-98.

POTTHOFF R. F., ROY S. N., 1964. A generalized multivariate analysis of variance model useful especially for growth curve problems. *Biometrika*, **51**, 313-325.

RAO C. R., 1958. Some statistical methods for the comparison of growth curves. *Biometrics*, **14**, 1-17.

RAO C. R., 1972. Recent trends of research work in multivariate analysis. *Biometrics*, **28**, 3-22.

WISHART J., 1938. Growth rate determination in nutrition studies with the bacon pig and their analysis. *Biometrika*, **30**, 16-28.

YOUNG C. W., LEGATES J. E., FARTHING B. R., 1965. Prenatal and postnatal influences on growth, prolificacy and maternal performance in mice. *Genetics*, **52**, 553-561.

APPENDIX

The notations are those of « Method of fitting A »).

1) The matrix $\mathbf{P}$ for which $£(\mathbf{B})$ is minimum is necessarily a $\mathbf{G}$ orthogonal projection, that is to say an idempotent matrix $\mathbf{P}$ such that :

$$\|\mathbf{PX}\|^2 = \mathbf{X'GPX} \text{ whatever be } \mathbf{X} \text{ in } R^p \qquad (A, 1)$$

Otherwise, by least square theory, there could be found such a matrix for which $£(\mathbf{B})$ would be smaller. Therefore it will be sufficient to consider these matrices in the following demonstration.

2) Let $\mathbf{B}$ be such an orthogonal projection, by definition of $\mathbf{B}$:

$$E\,[\|\mathbf{X}\|^2] = E\,[\|\mathbf{BX}\|^2] + E\,[\|\mathbf{X} - \mathbf{BX}\|^2] \qquad (A, 2)$$

Thus the problem is equivalent to searching the maximum of

$$E\,[\|\mathbf{BX}\|^2] = E\,[\mathbf{X'GBX}\,] = \text{Trace}(\mathbf{\Sigma GB}) \qquad (A, 3)$$

$\mathbf{\Sigma}$ and $\mathbf{G}$ being symmetric positive and the latter definite, there exist p eigenvectors $\mathbf{U}_k$ of $\mathbf{\Sigma G}$ corresponding to positive eigenvalues σ_k^2 such that

$$\mathbf{U}_k'\mathbf{G}\mathbf{U}_l = \delta_{kl} \tag{A, 4}$$

Let $\mathbf{S}$ be the matrix with $\mathbf{U}_k$ as its columns, then

$$\mathbf{S}'\mathbf{G}\mathbf{S} = \mathbf{I} \tag{A, 5}$$

and

$$\text{Trace}(\mathbf{\Sigma G B}) = \text{Trace}(\mathbf{S}^{-1}\mathbf{\Sigma G S} \cdot \mathbf{S}^{-1}\mathbf{B S}) = \sum_{k=1}^{p} \sigma_k^2 \lambda_k \tag{A, 6}$$

where the λ_k's are diagonal elements of $\mathbf{S}^{-1}\mathbf{B S} = \mathbf{S}'\mathbf{G B S}$

Using the definition of $\mathbf{S}$ and the fact that $\mathbf{B}$ is a $\mathbf{G}$ orthogonal projection,

$$\lambda_k = \mathbf{U}_k'\mathbf{G}\mathbf{B}\mathbf{U}_k = \|\mathbf{B}\mathbf{U}_k\|^2 \leqslant \|\mathbf{U}_k\|^2 = 1 \quad \text{with} \quad \sum_{k=1}^{p} \lambda_k = \text{rank } (\mathbf{B}) \tag{A, 7}$$

Bearing in mind that $\mathbf{B}$ is of rank d and that the eigenvalues are numbered in decreasing order, we deduce from (A, 3), (A, 6), (A, 7)

$$\mathrm{E}\,[\|\mathbf{B}\mathbf{X}\|^2] \leqslant \sum_{k=1}^{d} \sigma_k^2 \tag{A, 8}$$

This latter relation becomes an equality if $\mathbf{B} = \mathbf{P}$ defined by

$$\mathbf{P}\mathbf{U}_k = \mathbf{U}_k \qquad 1 \leqslant k \leqslant d\,; \mathbf{P}\mathbf{U}_k = 0 \qquad k > d \tag{A, 9}$$

3) Define a_k by $\mathbf{X} = \sum_{k=1}^{p} a_k \mathbf{U}_k$,

then

$$\mathbf{P}\mathbf{X} = \sum_{k=1}^{d} a_k \mathbf{U}_k \qquad \text{and} \qquad a_k = \mathbf{X}'\mathbf{G}\mathbf{U}_k \tag{A, 10}$$

hence,

$$\mathrm{E}\,[a_k a_l] = \mathrm{E}\,[\mathbf{U}_k'\mathbf{G}\mathbf{X}\mathbf{X}'\mathbf{G}\mathbf{U}_l] = \sigma_l^2 \mathbf{U}_k'\mathbf{G}\mathbf{U}_l = \sigma_l^2 \delta_{kl} \tag{A, 11}$$

4) Since $\mathrm{E}\,[\|\mathbf{X}\|^2] = \text{Trace}(\mathbf{\Sigma G})$ we have by (A, 2)

$$\mathfrak{L}(\mathbf{P}) = \sum_{k=d+1}^{p} \sigma_k^2 \tag{A, 12}$$

5) Finally for any k such that $1 \leqslant k \leqslant d$

$$\mathrm{E}\,[\boldsymbol{\epsilon} a_k] = \mathrm{E}\,[(\mathbf{I} - \mathbf{P})\mathbf{X}\mathbf{X}'\mathbf{G}\mathbf{U}_k] = (\mathbf{I} - \mathbf{P})\mathbf{\Sigma G}\mathbf{U}_k = \sigma_k^2(\mathbf{I} - \mathbf{P})\mathbf{U}_k = 0 \tag{A, 13}$$

Thus we complete the demonstration of results (2), (3), (4), (5) of Method of fitting, which are respectively (A, 10), (A, 11), (A, 12), (A, 13).

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 463-468.

NOTE TECHNIQUE

DESCRIPTION D'UN APPAREIL A FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE OFFRANT EN PERMANENCE, UNE SOLUTION NUTRITIVE AUX ADULTES DE *PHANEROTOMA FLAVITESTACEA* FISCHER (HYM. *BRACONIDAE*), PARASITE OVOLARVAIRE *D'ANAGASTA KUHNIELLA* ZELL. (LEP. *PHYCITIDAE*)

J.-P. LAFORGE et A. FERRAN

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches d'Antibes, I. N. R. A.,
06602 Antibes

RÉSUMÉ

L'appareil décrit dans cette note permet l'alimentation continue des hyménoptères parasites, au stade adulte, sans intervention humaine après le réglage préalable. L'évaporation des solutions nutritives est rendue négligeable par diminution de l'importance des surfaces libres.

Les hyménoptères parasites mènent, au stade adulte, une vie libre et se nourrissent soit de productions végétales (nectar, pollen, exsudats divers), soit animales (miellat, hémolymphe de l'hôte), leur potentiel biologique dépendant en général de la qualité de cette alimentation (Bartlett, 1962 ; Bracken, 1961, 1966 ; Clark, 1963 ; Hocking, 1967 ; Leius, 1961 *a* et *b* ; Pielou, 1955).

Une connaissance plus précise des besoins nutritionnels du stade imaginal de ces insectes pourrait conduire à une amélioration des élevages en laboratoire grâce au remplacement de l'alimentation miellée traditionnelle par des solutions nutritives mieux adaptées à leur physiologie alimentaire et déboucher dans les conditions naturelles, sur des méthodes d'alimentation, soit artificielle comme cela a déjà été réalisé pour le prédateur *Chrysopa carnea* (Hagen, 1970), soit agrotechnique par l'utilisation de plantes nectarifères (Titova, 1970).

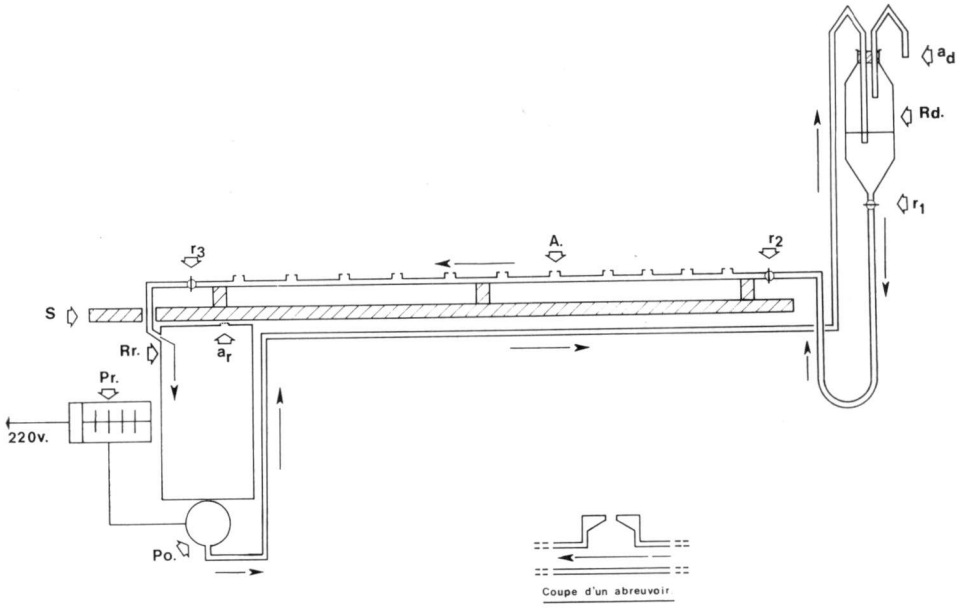


FIG. 1. — *Schéma de l'appareil d'alimentation automatique*

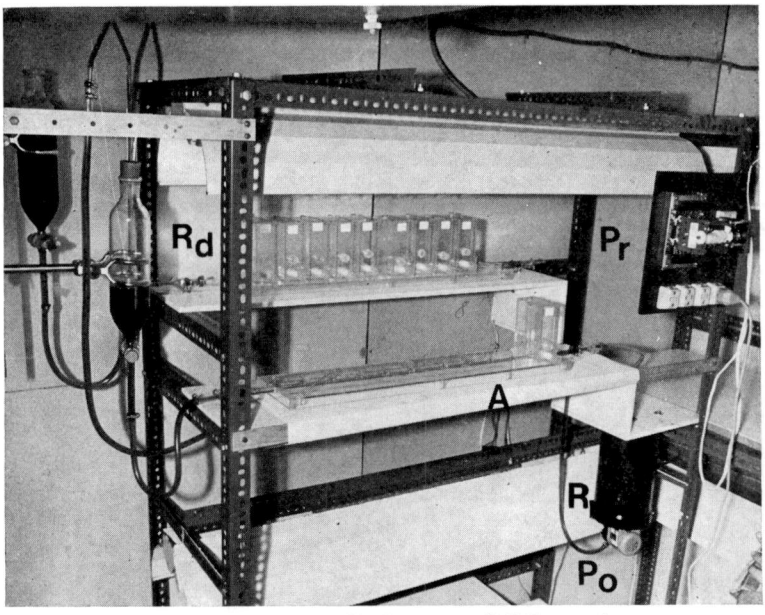


FIG. 2. — *Vue d'ensemble d'un appareil d'alimentation*

Des recherches sur les besoins nutritionnels des adultes vont être abordées, ici, en utilisant *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym., *Braconidae*) parasite ovolarvaire de la teigne de la farine (*Anagasta kühniella* ZELL). Cet insecte consommant de préférence des solutions aqueuses, nous nous sommes très rapidement heurtés à des problèmes de présentation de ces solutions : les manipulations sont très nombreuses, d'autant plus que l'expérimentation porte sur des individus isolés, l'évaporation fausse les résultats et proscrit tout essai sur la concentration d'une ou plusieurs substances, enfin l'homogénéité de ces milieux est, en général, assez mauvaise. Pour pallier ces différents inconvénients nous avons étudié et réalisé un appareil d'alimentation entièrement automatique dans lequel l'évaporation par les surfaces libres est rendue négligeable compte tenu du volume global de la solution testée et où l'homogénéité est assurée par un mouvement permanent du liquide.

I. — PRINCIPE DE L'APPAREIL

Schématiquement l'appareil est constitué par deux circuits hydrauliques successifs. Le liquide nutritif placé dans le réservoir de départ (Rd) s'écoule par gravité dans le tube d'alimentation (A) puis dans le réservoir de réception (Rr). C'est au niveau du tube d'alimentation que viennent se nourrir les parasites (circuit d'alimentation). Le liquide recueilli dans ce réservoir est ramené au réservoir de départ à l'aide d'une pompe (Po) (Circuit de reprise).

2. — DESCRIPTION (fig. 1)

Le réservoir de départ est une ampoule à décanter de 500 ml, munie d'un robinet r_1.

Le tube d'alimentation qui est muni à ses extrémités de deux robinets r_2 et r_3 (Réf. Hysil. 2260/04) est constitué par un tube « d'Altuglass » (∅ externe 10 mm, ∅ interne 7 mm) perforé à intervalles réguliers de trous sur lesquels sont collés des abreuvoirs taillés dans la même matière. La découpe intérieure (fig. 1) de ces abreuvoirs paraît favoriser la formation de microtourbillons qui empêchent toute stagnation du liquide. Leur contour extérieur, de forme carrée assure le positionnement des cages contenant les parasites. Le tube d'alimentation est maintenu en position horizontale par l'intermédiaire d'un support muni de 4 vis.

Le réservoir de réception et la pompe électrique à turbine sont de marque « Eheim » (Réf. 386 et 381).

Cette pompe est mise en route automatiquement et périodiquement par un programmateur à cames (marque : Crouzet, type 2201 ; vitesse 2 tours par 3 minutes).

Les différents éléments de cet appareil sont reliés entre eux par l'intermédiaire de tuyaux en « Vervyl cristal » (∅ extérieur 12 mm, ∅ intérieur 9 mm). L'étanchéité des raccords est assurée par des colliers de serrage.

3. — RÉGLAGE ET FONCTIONNEMENT

Le réglage de l'appareil porte sur trois variables : le débit à la sortie du tube d'alimentation, le niveau de la solution dans les abreuvoirs et la durée de fonctionnement de la pompe par l'intermédiaire du programmateur.

A. — *Réglage du débit et du niveau de la solution*

Après avoir rempli le réservoir de départ, on procède de la manière suivante :

— Le tube d'alimentation est remplacé par un tube identique non perforé ;

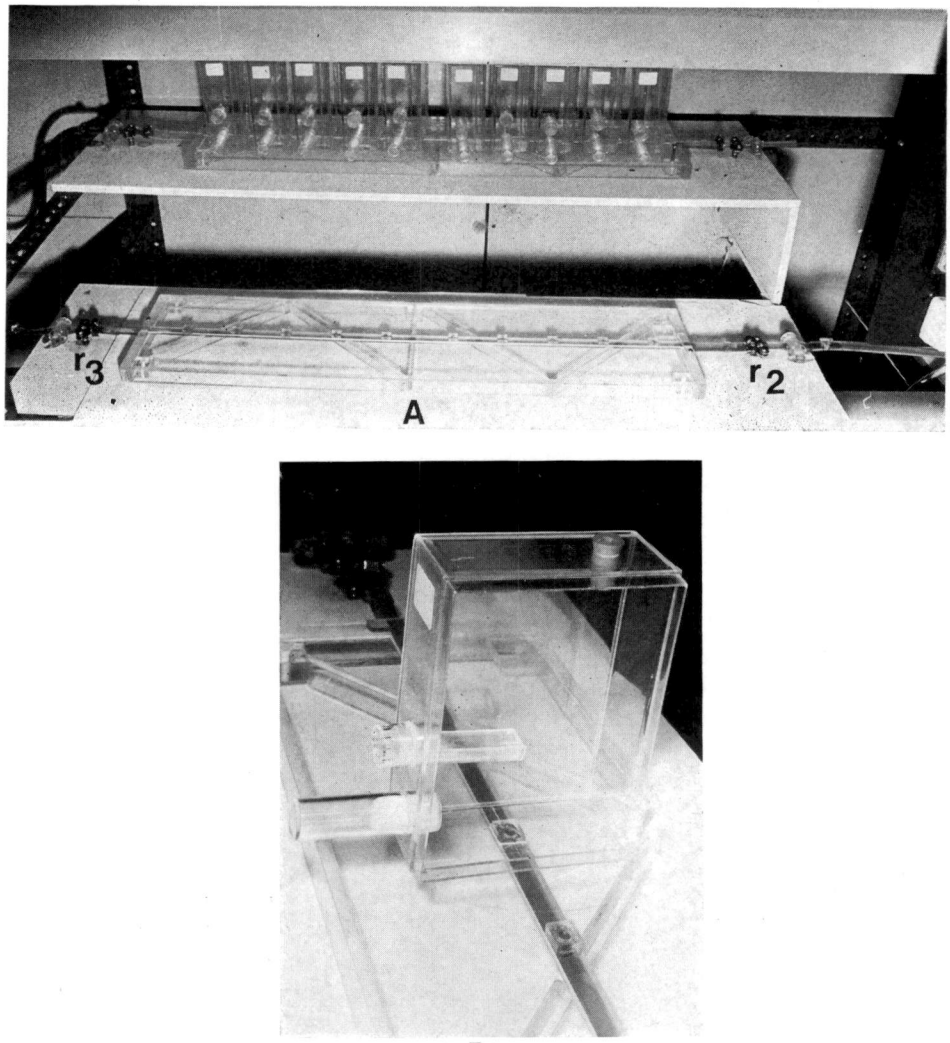


FIG. 3

Haut : *vue d'ensemble du tube d'alimentation et de son support*
Bas : *position d'une cage sur le tube d'alimentation*

— les robinets r_1 et r_3 étant ouverts au maximum, le robinet r_2 est fermé progressivement jusqu'au moment où le filet de liquide qui s'écoule vers le réservoir de réception est le plus faible possible tout en demeurant continu ;

— le robinet r_1 étant fermé, le tube d'alimentation normal est remis en place ;

— ce robinet étant de nouveau ouvert, le niveau du liquide dans les abreuvoirs est réglé en fermant progressivement le robinet r_3.

B. — *Réglage du programmateur*

L'écartement des cames du programmateur est fixé de telle sorte que la quantité de liquide renvoyée par la pompe lors de son fonctionnement soit légèrement supérieure à la quantité qui s'écoule vers le tube d'alimentation pendant sa période d'arrêt.

Lors de son fonctionnement, l'excédent de solution est tel que l'extrémité en verre du tuyau de retour est amenée à plonger dans le liquide. Dès que la pompe s'arrête, un phénomène de siphon s'amorce à l'extrémité de ce tube et tout le surplus de milieu nutritif est renvoyé au réservoir de réception. Ainsi le niveau de la solution dans le réservoir de départ ne varie, au cours du temps que dans un intervalle bien défini.

Ces réglages préalables terminés, l'appareil fonctionne automatiquement.

CONCLUSION

Dans sa forme actuelle cet appareil convient particulièrement aux insectes de petite taille, consommateurs de solutions aqueuses et qui recherchent activement leur nourriture.

Reçu pour publication en février 1974.

SUMMARY

DESCRIPTION OF AN AUTOMATIC FUNCTIONING APPARATUS OFFERING CONTINUOUSLY A NUTRITIVE SOLUTION TO THE ADULTS OF *PHANEROTOMA FLAVITESTACEA* FISCHER (HYM. *BRACONIDAE*), EGG-LARVAL PARASITE OF *ANAGASTA KÜHNIELLA* ZELL. (LEP. *PHYCITIDAE*)

An apparatus described in this note permits continuous feeding of hymenopterous parasites at the adult stage without human intervention after the prior adjustement. Evaporation of the nutritive solutions is caused negligible by reducing the importance of free surfaces.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARTLETT B. R., 1962. The ingestion of dry sugars by adult entomophagous insects and the use of this feeding habits for measuring the moisture needs of parasites. *J. econ. Ent.*, **55**, 750-753.

BRACKEN G. K., 1961. Effect of dietary components on fecundity of the parasitoïd *Exeristes comstockii* G. (Hym. *Ichneumonidae*). *Can. Entomol.*, **97** (10), 1037-1041.

BRACKEN G. K., 1966. Role of ten dietary vitamins on fecundity of the parasitoïd *Exeristes comstockii* G. (Hym. *Ichneumonidae*). *Can. Entomol.*, **98** (9), 918-922.

CLARK A. M., 1963. The influence of diet upon the adulte life span of two species of *Bracon*. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **56**, 616-618.

HAGEN K. S., TASSAN R. L., 1970. The influence of food wheast and related *Saccharomyces fragilis* yeast products on the fecundity of *Chrysopa carnea* (*Neuroptera* : *Chrysopidae*). *Can. Ent.*, **102**, 806-811.

HOCKING H., 1967. The influence of food on longevity and oviposition in *Rhyssa persuasoria* (L.) (Hym. *Ichneumonidae*). *J. Aust. ent. Soc.* **6**, 83-88.

LEIUS K., 1961 *a*. Influence of food on fecundity and longevity of adults of *Itoplectis conquisitor* (Hym. *Ichneumonidae*). *Can. Entomol.*, **93** (12), 771-780.

LEIUS K., 1961 *b*. Influence of various food on fecundity and longevity of adults of *Scambus buolianae* (HTG) (Hym. *Ichneumonidae*). *Can. Entomol.*, **93**, (12) 1079-1084.

LEIUS K., 1967. Food sources and preferences of the adults of a parasite, *Scambus buolianae* and their consequences. *Can. Entomol.*, **99** (8), 865-871.

PIELOU D. P., GLASSER R., 1965. Survival of *Macrocentrus ancylivorus* ROTT. a parasite of the oriental fruit moth on different concentrations of various sugar solutions. *Can. J. Zool.*, **31**, 121-123.

TITOVA E. V., 1970. Role of nectariferous crops in attracting parasitic insects to wheat field. *Hadena sordida* BHK, *Hymenoptera, Diptera*. *Bjull. Vsesoj. nautsh. issl. Int. Zashesh Rast.*, **1** (9), 14-19.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 469-472.

INFORMATIONS

INSTITUT PASTEUR, PARIS
ENSEIGNEMENTS 1974-1975

Ces enseignements sont du niveau post-universitaire. Ils sont destinés aux diplômés des Facultés des Sciences, de Médecine, de Pharmacie et aux anciens élèves des grandes Écoles. Toutefois, des étudiants en fin de scolarité pourraient être également admis dans la mesure des places disponibles.

I. — ENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

COURS DE MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE

Méthodologie — Anatomie fonctionnelle des bactéries — Physiologie microbienne — Fonction du gène et mutations — Échanges génétiques — Bactériophages — Régulation des biosynthèses.

Structure et physiologie des cellules eucaryotes — Anatomie structurale et biochimique des virus — Réplication des virus à ARN et à ADN — Génétique des virus — Virus oncogènes.

Plein temps, sauf le samedi après-midi, de fin septembre à fin février.

COURS DE MICROBIOLOGIE SYSTÉMATIQUE

Généralités — Techniques bactériologiques — Étude des divers groupes de bactéries d'intérêt médical.

Généralités — Techniques virologiques — Étude des divers groupes de virus d'intérêt médical.

Plein temps, sauf le samedi après-midi, de début septembre à début mars.

COURS D'IMMUNOLOGIE APPROFONDIE

Les techniques immunologiques — Les Immunoglobulines — Immunologie cellulaire.

Plein temps, sauf le samedi, de mars à juillet.

COURS D'IMMUNOLOGIE GÉNÉRALE

Méthodes de l'Immunologie — Antigènes, anticorps, réactions antigènes-anticorps — Immunochimie — Éléments d'Immunologie cellulaire.

Plein temps, sauf le samedi, de mars à juin.

II. — ENSEIGNEMENTS SPÉCIALISÉS

COURS DE MICROBIOLOGIE DU SOL

Bactéries responsables des cycles biologiques du carbone, de l'azote et des principaux éléments minéraux — Population du sol — Interactions des micro-organismes entre eux et avec les plantes — Facteurs édaphiques et climatiques — Humus et humification.

Plein temps, sauf le samedi après-midi (septembre : 4 semaines).

COURS D'IMMUNOLOGIE DES INFECTIONS BACTÉRIENNES ET VIRALES

Phénomènes immunitaires dans les infections bactériennes et virales — Modèles d'applications au diagnostic — Pathologie de l'immunité anti-infectieuse.

Plein temps, sauf le samedi, de mi-juin à mi-juillet.

COURS DE MYCOLOGIE MÉDICALE

Champignons pathogènes pour l'homme et les animaux : Morphologie, Physiologie, Biochimie. Écologie. Mycoses : Clinique, Diagnostic biologique, Histopathologie, Immunologie, Antifongiques,

Tous les après-midi, sauf le samedi et le matin deux fois par semaine (fin septembre à fin octobre).

COURS D'IMMUNO-HÉMATOLOGIE ET D'IMMUNO-PATHOLOGIE MÉDICALES

Immuno-hématologie (érythrocytaires, leucocytaires et sériques) — Immuno-pathologie des affections thyroïdiennes, gastriques, musculaires, rénales, hépatiques et des collagénoses.

Plein temps, sauf le samedi après-midi (juillet : 4 semaines).

COURS D'INITIATION A LA RECHERCHE EN ÉPIDÉMIOLOGIE DES MALADIES TRANSMISSIBLES

Disciplines biologiques — Disciplines écologiques — Disciplines expérimentales — Disciplines mathématiques : statistique, informatique, biomathématique.

Tous les après-midi, sauf le samedi (février-mars : 7 semaines).

III. — ENSEIGNEMENTS MÉTHODOLOGIQUES

COURS DE CULTURES CELLULAIRES APPLIQUÉES A LA VIROLOGIE

Méthodes de cultures cellulaires appliquées à l'étude des virus — Différents types de cultures cellulaires (cellules primaires, de lignée continue, etc.) — Isolement des virus — Différentes méthodes d'identification — Titrage des virus — Principales applications pratiques de ces méthodes.

Plein temps, sauf le samedi après-midi (novembre : 2 semaines) Nombre d'élèves : 20.

COURS DE MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE

Aspects physiques de la formation de l'image — Dispositifs — Méthodes de préparation des objets — Photomicrographie — Autoradiographie — Mesures — (Options : cryo-décapage, microscopie électronique à balayage).

Plein temps, sauf le samedi (mars : 2 semaines). Nombre d'élèves : 8.

COURS SUR LE MARQUAGE DES ANTICORPS

Immunoadsorbants — Marqueurs fluorescents, enzymes... Application aux recherches biologiques.

Plein temps (avril : 9 journées).

COURS SUR L'APPLICATION DES RÉACTIONS D'IMMUNOFLUORESCENCE ET IMMUNOENZYMATIQUES A L'ÉTUDE DES MALADIES DE L'HOMME

Affections bactériennes et virales — Immunopathologie — Antigènes tumoraux.

Plein temps (avril : 6 journées).

Le nombre de places étant limité, il convient de déposer les candidatures plusieurs mois à l'avance. Les dates de ces cours sont susceptibles de modifications d'une année à l'autre. Les candidats retenus en seront informés en temps voulu.

Les demandes de renseignements et les candidatures doivent être adressés au :

Secrétariat Général des Enseignements
Institut Pasteur - 28, rue du Docteur-Roux
75015 Paris

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3), 473.

CHRONIQUE DES LIVRES

MOEN (A. N.). — WILDLIFE ECOLOGY : AN ANALYTICAL APPROCH. — San Francisco, W. H. Freeman and Co, 458 p.

Dans son ouvrage, A. N. MOEN analyse chaque composant biologique, physique ou chimique de l'écosystème et les intègre pour former des modéles simples et accessibles à des petits groupes de travail sans moyen informatique.

La plupart des exemples choisis sont relatifs aux daims, mais les concepts sont applicables aux autres ruminants sauvages et aux organismes vivants en général.

Dans la dernière partie, l'auteur étudie le devenir d'une population de daims en fonction des ressources naturelles ; à l'aide de ce modèle, il conclut en définissant la conduite à tenir dans l'aménagement de ces ressources au niveau de la population humaine.

Cet ouvrage est destiné aux professionnels en contact avec la nature, chercheurs, administrateurs de réserves, techniciens, ...

Il contient 441 pages et un index matière ; le sommaire, réduit aux grandes parties, en est le suivant :

I. — Vie, interactions et modèles écologiques.
II. — Distribution de matière et l'énergie dans le temps et dans l'espace.
III. — Métabolisme et nutrition.
IV. — Le comportement en relation avec la productivité.
V. — Flux d'énergie et organisation écologique de la matière.
VI. — Productivité, populations et prise de décision.

A. R.

SLAMA (K.), ROMANIK (M.), SORN (F.). — INSECT HORMONES AND BIOANALOGUES. — Wien, New York, Springer Verlag, 1974, 477 p.

Les hormones d'insectes ont un intérêt théorique considérable par leur rôle dans la métamorphose et le développement. La possibilité de leur utilisation en lutte chimique (« la 3e génération d'insecticides ») suscite des recherches intensives. Dans ce domaine, on doit des découvertes capitales à l'équipe de Prague, animée par SLAMA, ROMANIK, SORN : aussi la parution de cet ouvrage est-elle un événement, tant par la personnalité des auteurs que par l'importance du sujet.

Après un rappel des principales notions anatomiques et endocrinologiques, une place de choix est consacrée à l'étude des juvénoïdes : méthodes de test, chimie, relations structure — activité — effets biochimiques et physiologiques sont passés successivement en revue dans près de 200 pages de texte dense. La 3e partie traite des ecdyzoïdes, dans les mêmes conditions mais plus brièvement. L'ouvrage est complété par des tables où sont compilées des données relatives à l'activité biologique de plus de 300 juvénoïdes sur différentes espèces d'insectes.

J. L. R.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3).

CONTENTS

Y. ROBERT, J. M. RABASSE, Joëlle ROUZE-JOUAN. — The utilization of yellow trays for the trapping of aphids in potato crops. I. — The influence of trapping height 349

J. F. CORNIC. — Contribution to the study of the resistance to starvation of *Platysma vulgare* L. (Coleoptera, ground beetle) according to temperature, hygrometry and physiological condition 373

J. P. NENON. — Natural and experimental parasitism of the genus *Hyponomeuta* LATR. (*Lepidoptera*) by the polyembryonic entomophage *Ageniaspis fuscicollis* DALM. (*Hymenoptera, Chalcidoidea*) 383

B. MAUCHAMP. — Influence of a juvenile hormone analogue on the biology of *Tineola bisselliella* HUMM 407

J. P. CHAMBON, J. D'AGUILAR. — Remarks on the specificity of some synthetic sexual pheromones : systematic study of tortricids in orchards 423

S. POITOUT, R. BUES. — Rearing larvae of twenty-eight species of *Noctuidae* and two species of *Arctiidae* (Lepidoptera) on a simple artificial diet. Breeding peculiarities according to the different species 431

E. FYTIZAS. — Action of reserpine on males of *Dacus oleae* GMEL. 443

J. ESTÈVE, E. SCHIFFLERS. — Some aspects of growth in laboratory mice (statistical analysis of a family of growth curves) 449

Technical note.

J. P. LAFORGE, A. FERRAN. — Description of an automatic functioning apparatus offering continuously a nutritive solution to the adultes of *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. *Braconidae*), egg- larval parasite of *Anagasta Kühniella* ZELL. (Lep. *Phycitidae*). 463

Informations 469

Books review 473

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7 avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement,* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *résumé* suffisamment précis (250 mots maximun) pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *titre et résumé* en anglais ou destinés à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds les dons...; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français mais ils comportent obligatoirement un résumé français *tèrs complet.* Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (Dupont et Duval, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégée selon la *World List of Scientific Periodicals,* ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit *à l'état définitif* soit *à l'état de projets,* exécution leur définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 12,5 × 19 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité des tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. Biliotti, Centre national de Recherches agronomiques, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1974	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	175 F	190 F	35 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE 4 nos par an	175 F	190 F	60 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 nos par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 nos par an	80 F	90 F	55 F

APIDOLOGIE, 4 nos par an — Abonnement : France : 38 F
Étranger sauf R. F. A. : 48 F
— Le numéro : France : 12 F
Étranger sauf R. F. A. : 13,50 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par **J. M. Gourreau.**
223 p., 1974 ..... **85,00 F**

Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par **P. Augé, P. Allemand, R. Hamès.**
144 p., 1973 ..... **58,85 F**

Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972.
258 p., 1973 ..... **120,00 F**

Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A.-C. N. R. S.
549 p., 1973 ..... **160,50 F**

Recherches acridiennes à Madagascar.
262 p., 1972 ..... **80,00 F**

IVe Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970.
211 p., 1972 ..... **60,00 F**

Lombriciens de France, Écologie et Systématique par **M.-B. Bouché.**
671 p., 1972 ..... **150,00 F**

IIIe Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers Jouy en Josas, 7-11 septembre 1970.
332 p., 1972 ..... **139,75 F**

Symposium international sur le soufre en Agriculture. Versailles, 3-4 décembre 1970.
412 p., 1972 ..... **50,00 F**

Organismes du Sol et production primaire — IVe Colloquium pedobiologiae, Dijon 14-19 septembre 1970.
588 p., 1972 ..... **65,00 F**

La lutte biologique en forêt, Pont-à-Mousson, 12-14 novembre 1969.
212 p., 1971 ..... **45,00 F**

VIIIe Symposium européen sur les maladies à virus des arbres fruitiers. Bordeaux, 24-30 juin 1970.
560 p., 1971 ..... **65,00 F**

Essai de programmation de la Recherche (Département agronomie) par **D. Macquart, R. Gras, J. Mamy, L. Turc, J.-P. Deffontaines.**
70 p., 1971 ..... **30,00 F**

Quatrième Congrès mondial I. A. A. L. D., Paris 20-25 avril 1970.
342 p., 1971 ..... **53,75 F**

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1974, **6** (3).

TABLE DES MATIÈRES

Y. ROBERT, J. M. RABASSE, Joëlle ROUZE-JOUAN. — Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de pucerons en culture de pommes de terre. I. — Influence de la hauteur de piégeage 349

J. F. CORNIC. — Contribution à l'étude de la résistance au jeûne de *Platysma vulgare* L. (Coléoptère carabique) en fonction de la température, de l'hygrométrie et de l'état physiologique 373

J. P. NENON. — Parasitisme naturel et expérimental du genre *Hyponomeuta* LATR. (*Lepidoptera*) par l'entomophage polyembryonnaire *Ageniaspis fuscicollis* DALM. (*Hymenoptera, Chalcidoïdea*) 383

B. MAUCHAMP. — Action d'un analogue de l'hormone juvénile sur la biologie de *Tineola bisselliella* HUMM 407

J. P. CHAMBON, J. D'AGUILAR. — Remarques sur la spécificité de quelques phéromones sexuelles de synthèse : analyse faunistique des Tortricides en vergers 423

S. POITOUT, R. BUES. — Élevage de chenilles de vingt-huit espèces de Lépidoptères *Noctuidae* et de deux espèces d'*Arctiidae* sur milieu artificiel simple. Particularités de l'élevage selon les espèces 431

E. FYTIZAS. — Action de la réserpine sur les mâles de *Dacus oleae* GMEL. 443

J. ESTÈVE, E. SCHIFFLERS. — Some aspects of growth in laboratory mice (statistical analysis of a family of growth curves). (Quelques aspects de la croissance chez les souris de laboratoire. Analyse statistique d'une courbe de croissance) 449

Note technique.

J. P. LAFORGE, A. FERRAN. — Description d'un appareil à fonctionnement automatique offrant en permanence, une solution nutritive aux adultes de *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. *Braconidae*), parasite ovolarvaire d'*Anagasta kühniella* ZELL. (Lep. *Phycitidae*) 463

Informations 469

Chronique des livres 473

Contents, see at the end of the issue.

Les annales de Zoologie-Écologie animale figurent dans Current Contents

I. N. 4. 036. 027. 5